مراقبة الجودة



تأليف: أ.د. محمد الصيرفى

دار الفجر للنشر والتوزيع

مراقبة الجودة

مراقبة الجودة

تأليف

أ.د محمد الصيرفي

دار الفجر للنشر والتوزيع

2014

مراقبة الجودة

تأليف

أ.د محمـد الصيـرفى

حقوق النشر	رقم الإيداع
الطبعة الأولى 2014	21389
جميع الحقوق محفوظة للناشر	الترقيم الدولي I.S.B.N. 978-977-358-304-0

دار الفجـر للنشـر والتـوزيـع
4 شارع هاشم الأشقـر – النـزهة الجديـدة
القاهـرة – مصـر
تليفون : 26242520 – 26246252 (00202)
فاكس : 26246265 (00202)
E-mail : daralfajr@yahoo.com

بسم الـلـه الرحمن الرحيم

﴿ رَبَّنَا لاَ تُؤَاخِذْنَا إِن نَّسِينَا أَوْ أَخْطَأْنَا رَبَّنَا وَلاَ تَحْمِلْ عَلَيْنَا إِصْراً كَمَا حَمَلْتَهُ عَلَى الَّذِينَ مِن قَبْلِنَا ﴾

صدق الـلـه العظيم

سورة البقرة: 286

الفهرس

الموضوع	الصفحة
تقديم	13
الفصل الأول: تعاريف المفاهيم الأساسية	15
1- تأكيد الجودة	17
2- سياسات الجودة	19
- السمات العامة لسياسة الجودة	19
- تحديد سياسات الجودة	19
- إرشادات عامة عن وضع سياسة الجودة في المنشأة	20
3- أهداف الجودة	22
4- تقارير الجودة	24
- طريقة التصرف تجاه التقارير	27
- أنواع التقارير	28
5- مراجعات الجودة	30
- تخطيط برنامج المراجعة	31
- السياسات الواجب مراعاتها خلال المراجعة	32
- الجوانب الإنسانية	33
- مناهج المراجعة	35
- مراجعات المنتج	36
- نظم الجودة	38
- إجراءات خاصة	38
- مراجعة الوسائل والاستعدادات	40
- مراجعة أعمال الموردين	41

الموضوع **الصفحة**

- مراجعة التنفيذ تبعاً للخطة... 42
- تحديد الفرص.. 43
- أداء المراجعات 43
- قوائم المراجعة 44
- التقارير حول القصور.. 45
- تفسير درجة الخطورة 45
- نظام البيانات.. 45
- نشر التقرير.. 46
- أعمال التصحيح.. 46
- تصنيف درجة الأهمية 48
- وحدة القياس... 48
- تقييم النظم 49
- الهيكل التنظيمي لإدارة ضبط الجودة 50

الهيكل الأول: مركزية أو لا مركزية أنشطة ضبط الجودة 50

الهيكل الثاني... 53

الهيكل الثالث 54

- حجم إدارة الرقابة على الجودة 55

الفصل الثاني: التوحيد القياسي 59

الإطار العام للتقييس 61

1- التبسيط.. 63

2- التوحيد.. 63

3- التوصيف 63

مجالات التقييس وأهدافه.. 65

الموضوع	الصفحة

1- مجالات التقييس 65

- الموضوعات 67

- الأوجه 68

- المستويات 70

أهداف التقييس 73

1- خفض التكاليف 74

2- زيادة الكفاءة الإنتاجية 74

3- تحسين نوعية الإنتاج 74

4- تحقيق المنفعة للمستهلك والمجتمع 75

المواصفات 76

1- الإطار العام للمواصفات 76

2- إعداد المواصفات 77

3- تصنيف المواصفات 81

4- الأبعاد الاقتصادية للمواصفات 83

الفصل الثالث: الإطار العام للعملية الرقابية 87

أولاً: مفهوم الرقابة 89

مفهوم الرقابة في النظرية الكلاسيكية 90

مفهوم الرقابة في المدرسة المعاصرة 93

التدفق المعنوي (تدفق المعلومات) 96

مفهوم المعلومات 98

قياس كمية المعلومات 100

قياس متوسط كمية المعلومات 106

قيمة المعلومات الكاملة 107

الموضوع	الصفحة

قياس قيمة المعلومات 108

قيمة المعلومات غير الكاملة.. 110

العلاقة بين تكلفة وقيمة المعلومات.. 112

قياس الخسارة في كمية المعلومات.. 114

الفصل الرابع: الرقابة النوعية 119

أولاً: مفهوم الرقابة النوعية 121

ثانياً: المبادئ الأساسية والتطبيقية للرقابة النوعية 124

ثالثاً: التخطيط للأهداف والسياسات النوعية.. 128

رابعاً: تنظيم أنشطة وفعاليات الرقابة النوعية.. 132

أشكال الرقابة النوعية.. 139

طرق الرقابة النوعية على الإنتاج 145

1- طريقة الرقابة الإحصائية 145

2- طريقة الرقابة الأتوماتيكية 147

3- طريقة الرقابة التنفيذية المباشرة 149

الأساليب الإحصائية والرقابة النوعية 150

اقتصاديات الرقابة النوعية 158

1- تكاليف الرقابة النوعية.. 158

2- اقتصاديات النوعية 162

3- العلاقة بين النوعية والإنتاجية 165

4- فاعلية نظام الرقابة النوعية وكفاءته.. 167

الفصل الخامس: التكنولوجيا الإحصائية للرقابة النوعية 171

أولاً: العينات.. 173

الموضوع	الصفحة

بعض المفاهيم المرتبطة بالعينات 174
طريقة اختيار العينات 175
1- المعاينة العشوائية 175
2- المعاينة المنتظمة 177
3- المعاينة الطبقية.. 178
4- المعاينة العنقودية 179
5- المعاينة متعددة المراحل (الحصص) 180
6- معاينة الحصة النسبية 181
تحديد حجم العينة 183
أولاً: الوسط الحسابي 183
ثانياً: الانحراف المعياري.. 185
ثالثاً: فترات الثقة 188
الفصل السادس: اختبارات الفروض.. 193
مقدمة 195
الفرض الإحصائي 196
الاختبار الإحصائي.. 196
أداة الاختبار الإحصائي.. 197
المنطقة الحرجة.. 197
مستوى المعنوية.. 198
أ- الاختبارات الإحصائية المتعلقة
بالقيمة المتوقعة أو المتوسط الحسابي المجتمع 199
أولاً: عندما يكون تباين σ^2 معلوماً.. 199

الموضوع	الصفحة

ثانياً: إذا كان التباين σ^2 مجهولاً 206
ب- اختبارات الفروض المتعلقة بالفروق بين المتوسطين
الحسابين لمجتمعين مستقلين 208
الفصل السابع: الاحتمالات 229
1- مقدمة 231
2- التعاريف الأساسية 233
3- حساب الاحتمالات 241
أ- التعريف التقليدي للاحتمال 241
ب- التعريف التجريبي للاحتمال 243
4- قوانين الاحتمالات 245
5- المتغير العشوائي والتوزيعات الاحتمالية 255
6- العرض البياني للتوزيعات الاحتمالية 262
أ- العرض البياني للتوزيعات المتقطعة (غير المستمرة) 262
ب- العرض البياني للتوزيعات المتصلة (المستمرة) 264
ج- عرض التوزيع الاحتمالي في شكل منحنى 270
7- التوزيع التراكمي أو التجميعي 282
أ- التوزيع الاحتمالي التراكمي (التجميعي) 282
ب- التوزيعات التكرارية التراكمية 284
8- بعض التوزيعات الاحتمالية الهامة 291
أ- بعض التوزيعات الاحتمالية للمتغيرات المتقطعة 291
ب- بعض التوزيعات الاحتمالية للمتغيرات المستمرة 298

الموضوع	الصفحة

الفصل الثامن: المحاكاة 311
ماهية المحاكاة 313
مدخل المحاكاة 314
طرق المحاكاة 317
1- طرق المباريات العملية 317
2- المحاكاة باستخدام طريقة مونت كارلو 318
تكوين الأعداد العشوائية 321
محاكاة النظام 322
1- المحاكاة باستخدام الحاسبات الإلكترونية التناظرية 324
2- مولد التيار الثابت الرئيسي 326
3- المحاكة باستخدام الحاسبات الإلكترنية الهجينة 327
4- المحاكاة باستخدام الحاسبات الإلكترونية الرقمية 328
5- لغات المحاكاة 328
6- تطبيقات في المحاكاة 330
الفصل التاسع: نظرية صفوف الانتظار 337
تقديم 339
توزيعات الوصول والخدمة 341
دراسة محطة الخدمة الأسية للمفردة 347
خصائص محطة الخدمة المفردة الأسية وطول الطابور
غير المقيد (لا نهائي) 350
خصائص محطة الخدمة المفردة
عندما تتشبع بعدد أقصى من الوحدات 353

الموضوع	الصفحة

مقياس الكفاءة وتصميم نظام محطة الخدمة المفردة الأسية 354
دراسة محطات الخدمة المتعددة الأسية.. 358
محطات خدمة على التوالي 363
استخدام المحاكات للتوزيعات التي لا تتبع توزيع بواسون 380
دراسة نظام صفوف الانتظار في حالة الانتقالية.................................. 380
تطبيق نظرية صفوف الانتظار في الصيانة 382
كيف ندرس صفوف الانتظار... 387
الفصل العاشر: شبكات الأعمال.. 389
مقدمة 391
مميزات استخدام أسلوب *Pert* 392
1- التخطيط.. 392
2- التحليل ووضع البرنامج الزمني للتنفيذ.. 394
3- متابعة تنفيذ الخطة.. 395
عناصر رسم شبكة الأعمال 395
مراحل التخطيط الشبكي.. 398
رسم شبكة الأعمال.. 400
تحديد الأزمنة الأكثر تبكيراً.. 400
تحديد الأزمنة الأكثر تأخيراً.. 401
المسار الحرج.. 402
احتمالات إنجاز المشروع 410
العلاقة بين الزمن والتكلفة.. 414
التكاليف الكلية للمشروع وطريقة تخطيطها 415

الموضوع	الصفحة

التكلفة المباشرة للمشروع وطريقة تخطيطها.. 416
ميل التكلفة... 418
تحليل بيانات الزمن والتكلفة.. 425
الفصل الحادي عشر: خرائط جانت 431
خرائط جانت.. 433
1- خرائط تحميل الإنتاج 434
2- خرائط التقدم في الإنتاج.. 439
تطبيقات 442
الطريقة المحسنة... 450
الفصل الثاني عشر: النموذج التقليدي لتحليل التعادل 453
1- معنى التعادل.. 455
2- خرائط التعادل 456
أ- الخرائط التقليدية لتحليل التعادل 456
ب- خريطة التعادل حالة التغيرات السلمية في التكاليف 464
ج- خريطة التعادل في ظل القرض الاقتصادي
التقليدي لسلوك عناصر اقتصاديات التشغيل.. 465
3- آثار تغييرات عناصر اقتصاديات التشغيل.. 466
أ- آثار تغيرات أسعار البيع 466
ب- آثار تغيرات التكاليف المتغيرة 467
ج- آثار تغيرات التكاليف الثابتة 468
د- آثار تغيرات حجوم الإنتاج والبيع 469
4- تخطيط الأرباح باستخدام تحليل التعادل 470

الموضوع	الصفحة

5- حدود استخدام تحليل التعادل.. 471

الفصل الثالث عشر: خرائط مراقبة الجودة.. 475

خرائط الرقبة للوحدات المنتجة التي يمكن قياسها

(التي يمكن تقسيمها كمياً) 478

طرق عمل خرائط الرقابة.. 481

اختيار الخرائط الثلاثة 487

خرائط رقابة نسبة الردئ في الإنتاج 489

خرائط الرقابة بالنسبة لعدد العيوب في الوحدة الواحدة 493

المراجع 497

* * * * *

تقديم

نتفق ابتداء على أن بداية الكتابات في موضوعات الإنتاج كانت على يد آدم سميث بتناوله اقتصاديات الإنتاج وعلى الرغم من مرور قرنين على ذلك فلا زالت موضوعات الإنتاج تشغل الحيز الأكبر من الاهتمامات التي لا ينشغل بها المتخصصون فحسب، بل باتت محاور أساسية لاهتمام الدول والحكومات، ناهيك عن رجال الأعمال وما ينشط بجانبهم من بنوك وأسواق مالية وغيرها ولا يبدو اكتشاف الأسباب الكامنة وراء ذلك من الصعوبة بمكان إذا ما اتفقنا على أن الإنتاج أصبح واحداً من أهم أساليب استمرار الحياة واغنائها.

وحيث أن تقدم المجتمعات يتوقف على درجة المهارة في التنسيق بين جهود أفراده ولما كان نجاحها يقاس بمدى تحملها لمسئولياتها العالمية لذلك فهي تعمل جاهدة على استخدام مواردها البشرية والمادية بأكبر كفاءة ممكنة. هذا الأمر في حد ذاته يعتبر مشكلة رئيسية يواجهها قادة منظمات الأعمال بها. ففي عالم توجد فيه صراعات بين أيديولوجيات سياسية مختلفة وفيه مجتمعات صناعية كبيرة قد يكون معنى المهارة الإدارية الفرق بين صلاحية أو عدم صلاحية الحلول التي تعطي للتقليل من أثر هذه الصراعات والاحتمال الأكبر أن النظام السياسي الذي سيسود هو ذلك يشجع على تكوين قيادات إدارية ماهرة وتحقيق نظم إدارية رشيدة.

وفي ظل التطورات الهائلة التي يشهدها العالم في الميادين والأنشطة المختلفة بدءاً من الثورة الصناعية إلى عصر التعامل مع معطيات الثورة العلمية التكنولوجية باتت المعضلات والمشكلات التي تواجه ميادين الإنتاج من الصعوبة والتعقيد إلى الحد الذي يعني التصدي لها بالدراسة والبحث عن الحلول، منهجاً يتسم باستخدامات واسعة للطرائف والأساليب الحديثة لزيادة الإنتاج والإنتاجية وتطوير النوعية ليصبح من المنطقي بل من الضروري اعتماد أنظمة متكاملة للتخطيط والرقابة على

الإنتاج وبنفس الكثافة والتعقيد التي تتسم بها المشكلات الإنتاجية بهدف تحقيق المستويات المرغوبة من الكفاءة والفعالية.

واتساقاً مع ذلك فقد حاولنا في هذا الكتاب تناول بعض الأساليب المستخدمة في الرقابة النوعية مقدمين بذلك بعروض للأفاق النظرية لتلك الأساليب بائتلاف مع شروحات مناسبة لطبيعة المعضلات التي يمكن لهذه الأساليب أن تؤدي إلى ما تبتغيه عند اعتمادها وحسبنا تسليط الضوء على كيفية رفع الكفاءة لنظم التشغيل إلى جانب الرقابة ولعل في ذلك ما يفيد طلابنا والدارسين عموماً.

ولتحقيق ما استهدفناه تناولنا الرقابة في إطارها الشمولي ومفاهيمها الأساسية بغية تأسيس القاعدة النظرية لما سيعقبها من موضوعات متخصصة.

ولما كانت الأساليب الكمية أدوات أثبتت فاعلية أكيدة في تحسين مستوى القرارات المتعلقة بمراقبة النوع فقد أفردنا لها باباً مستقلاً ضمن موضوعات مهمة كانت المعاينة في مقدمتها واختبارات الفروض والاحتمالات ونموذج المحاكاة.

وختاماً أرجو من اللـه العلي القدير أن يوفقني في محاولتي وأن يحظى هذا الكتاب بمكانة طيبة عند قرائه، وحسبنا الجهد المؤتلف مع الآخرين من المهتمين في موضوعات كتابنا باتجاه استكمال ما فاتنا أو تداركه من ملاحظات نحو الأحسن والأفضل وهذا دين الباحثين وهدفهم العلمي نحو الكمال في دراستهم العلمية.

ومن اللـه عز وجل التوفيق كله ....

د. محمد الصيرفي

الفصل الأول

تعاريف المفاهيم الأساسية

الفصل الأول

تعاريف المفاهيم الأساسية*

1- تأكيد الجودة:

إن تأكيد الجودة أحد الأساليب الإدارية والفنية حيث تؤدي إلى تحسين المستوى الاقتصادي في المنشآت الصناعية وأيضاً تحسن من قدرتها على المنافسة في الأسواق العالمية، حيث أنها تعتبر مكملة لبرنامج مراقبة الجودة وتجنب الوقوع في أخطاء، فهي تقوم على فهم وتصحيح أي قيد أو خطأ واكتشاف أو أوجه القصور في مراحل المشروعات الصناعية المختلفة بدءًا من التخطيط حتى إتمام تصنيع المنتج والتفتيش النهائي عليه.

وتعتبر كلمة تأكيد هنا بمعنى تأمين وللقيام بهذا التأكيد نبذل المال والجهد الإضافي لغرض التأمين والحماية من الوقوع في أخطاء.

والحماية تكون عبارة عن تقارير ومعلومات تؤدي إلى بعض التعليمات لفهم القيود والتصرف تجاه الأخطاء.

ويمكننا إيجاز الهدف من تأكيد الجودة في الغرضين التاليين:

أ- التأكيد لمستلم تقرير تأكيد الجودة أن الأمور تسير على ما يرام، بمعنى أن المنتج مطابق للمواصفات، أن العملية الإنتاجية تتم بالصورة الصحيحة..إلخ.

ب- إمداد مستلم التقرير بتحذيرات أن الأمور لا تسير على ما يرام ووجود بعض المخاطر والأخطاء حيث أنه من خلال التحذير المبكر يكون مستلم التقرير في وضع يمسح له باتخاذ الإجراءات وإرسال التعليمات الخاصة بالوقاية من تلك المخاطر والقيام بإجراءات التصحيح.

(*) د. عبد المنعم محمد – المجلد الرابع – المواصفات الدولية – أيزو 9000 بين النظرية والتطبيق – دار النهضة العربية – القاهرة 1997 – ص 25 وما بعدها.

مما سبق يتضح لنا أن:

أ- تأكيد الجودة هو أحد النظم الإدارية المتطورة التي تتضمن مراقبة الجودة وتأمين اكتمال أداء عمليات مراقبة الجودة بالصورة المثلى.

ب- تأكيد الجودة نظام إداري وفني متكامل يغطي كافة مراحل المشروع بدءاً من التخطيط وانتهاءاً بمتابعة أداء المنتج ورضاء العميل ومروراً بمراحل التصميم والتطوير، والإنتاج، والتركيب، الخدمة.... إلخ.

ج- نظام تأكيد الجودة يستلزم وجود نظام قائم وفعال لمراقبة الجودة.

د- نظام تأكيد الجودة يستلزم وجود منهج مطبق لأسلوب أداء وتنفيذ الأعمال الهندسية.

هـ- نظام تأكيدا لجودة يرتبط بتوفير مواصفات وطنية أو عالمية يتم الالتزام بها.

و- نظام تأكيد الجودة يرتبط بوجود نظام معلومات متطور بالمنشأة.

ز- نظام تأكيد الجودة يرتبط بالرغبة الأكيدة للإدارة في التطوير لحماية منتجاتها من المنتجات المنافسة.

ح- نظام تأكيد الجودة مرتبط بنظام صيانة متقدم.

ط- نظام تأكيد الجودة يمكن تصحيحه وتطبيقه، ليغطي كافة المنتجات المنتجة بالمنشأة، وكذلك النظام يكون متعدد المسئوليات حسب درجة تعقيد المنتج نفسه.

ي- نظام تأكيد الجودة يقلل المصروفات المالية وساعات التشغيل والطاقة إلى أدنى حد لها ويرفع اقتصاديات المشروع.

ك- نظام تأكيد الجودة يمكن من اكتشاف أخطاء التصميم، التشغيل، التغليف، النقل... إلخ، وفي بعض الأحوال يتنبأ بها ويتيح الفرصة لإدراكها في الوقت المناسب.

2- سياسات الجودة:

تعتبر السياسة المرشد الرئيسي للأنشطة المختلفة للمنشأة، وبذلك تكون السياسة هي الموجه والدليل لما يتم داخل المنشأة وبالنسبة لمن هم خارجها تكون معيناً على فهم وتوقع مما يبدو منها، ولإبعاد العنصر الشخصي ولتوفير القدرة على تسيير الأحداث والتنبؤ بها يتعين التفكير في السياسة، وكتابتها ونشرها لتكون بعدئذ أساساً للسلوك المترابط.

السمات العامة لسياسة الجودة:

أ- الواقعية والقابلية للتطبيق.

ب- المرحلية والمرونة في التنفيذ.

ج- العلانية لكل أفراد المنشأة والعملاء.

د- تحديد القطاعات الإنتاجية التي ينبغي أن يكون لها الريادة في الأسواق المحلية أو العالمية والمواصفات المناسبة لخدمة أغلبية المستهلكين والجودة النهائية للمنتج.

هـ- إعداد وتأهيل وتدريب العمالة.

و- تحديد النواحي المادية والمعنوية والخدمات الاجتماعية والحوافز والجزاءات لجميع العاملين.

ز- تنمية الوعي تجاه الجودة لدى كافة العاملين.

ح- الالتزام بمنهج وأدلة أداء الأعمال.

ط- جودة التعبئة والتغليف وبيانات وتعليمات المنتج.

ي- توزيع المنتجات بالمناطق التي بها مراكز الخدمة والصيانة لحماية حقوق المستهلك.

تحديد سياسات الجودة:

حتى تتلافى تبادل الاتهامات بين مستويات الإدارة المختلفة والإدارات وبعضها عن التقصير في تحديد سياسة الجودة، وحتى لا تكون عملية تحديد

السياسات عبئاً على الإدارة يجب تعين مجموعة متخصصة لتقوم بتجميع المعلومات اللازمة لوضع ما يلي أمام الإدارة العليا:

أ- تحديد الموضوعات التي سيتم تضمينها في سياسة الجودة.

ب- تقدير ما يجب أ، تكون عليه المنشأة تجاه موضوعات الجودة.

وبعد إعداد المسودات وتعديلها تبعاً لرغبات الإدارات المختصة وإتمام نشر السياسة، يتم تقييم السياسة تبعاً لمدة الالتزام بها والذي يظهر في نتائج الأعمال وعدم الالتزام بالسياسة يتضح في ملاحظات المراجعين ووجود حيود في النتائج عن المقدر لها من قبل.

إرشادات عامة عند وضع سياسة الجودة في المنشأة:

لا يجب أن يشوب السياسة الغموض ويجب أن تكون محددة للوفاء بوظيفتها في الإرشاد وعلى سبيل المثال نذكر بعض الإرشادات العامة:

أ- على مستوى التصنيع والتخطيط تكون إدارة الجودة مستقلة عن وظائف الإنتاج.

ب- تقوم الشركة بإنزال المنتجات الجديدة في حالة فقط إذا ما كان تم التأكد من قدرتها التنافسية الفائقة.

ج- كافة المهام المؤدية للتوصل إلى الجودة الفائق سيتم الأخذ بها ولكن كل مهمة سيتم تقييمها على حدة للتأكد من أن الاستثمار المدفوع له تأثير ملموس على الجودة.

د- عامل العول هو أحد عناصر أداء المنتج مشتق من إمكانات المنتج وإن إمكانات المنتج هي قدرته على أداء الوظيفة. "العول هو القدرة على تكرار تنفيذ الوظيفة كلما طلب ذلك".

هـ- برنامج العول يجب أن يبدأ منذ مرحلة اقتراح المشروع ويستمر خلال مراحل التصميم والتطوير والإنتاج، لاختبار تقييم الأداء بالموقع وخدمات الاستخدام.

وهذا لا يعني أن البرنامج ليس قاصراً على وحدة بعينها من وحدات المصنع ولكنه يشمل كافة الوحدات التي لها صلة بعول أداء المنتج بالموقع.

و- الاستثمارات اللازمة للبرنامج يكن تحديدها خلال مرحلة بداية المشروع وهذا يعني أن البرنامج كامل للعول يجب تطويره بالتفصيلات الكافية خلال المجهود المبذول في البداية لتقدير التكلفة المناسبة للبرنامج.

ز- تنفيذ برنامج العول يتضمن مهام فنية وأخرى إدارية، والمهام الفنية عبارة عن ما يتم لتقييم العول داخل المنتج والحفاظ عليها خلال مراحل الإنتاج والاستخدام بأقل ما يمكن من تناقص للأداء.

ح- نتائج العول يمكن التوصل إليها بالإجراءات التي تتم داخل المؤسسة من كل من المصمم، مسئول الإنتاج، مسئول المشتريات، وأخصائي العول يقوم بتقديم المعونة والتوجيه لهؤلاء عند تنفيذ مهامهم الأساسية.

ط- برنامج كل مشروع يجب أن يزود بخطة مكتوبة وتحديد المسئوليات والإجراءات وجداول التنظيم ... إلخ.

ي- البرنامج يجب أن يتضمن نقاطاً للمراقبة والتحكم التي تقوم باكتشاف أوجه الحيود عن الخطة وإخطار الإدارة العليا بها.

ك- البرنامج يجب أن يشمل التوريدات.

ل- تكامل وتقييم البرنامج يجب أن يتم عن طرق جاهز مستقل لا يتضمن أياً من المسئولين عن تنفيذ أي من خطوات البرنامج.

وبمجرد الاتفاق على هذه السياسات ونشرها تكون هي الأداة الفعالة للتوصيل إلى الاتفاق على مدخل العول للمنتجات الجديدة.

والسياسـات أيضـاً مـن الممكـن أن تكـون مطلوبـة لـلإدارات الفنيـة والتنفيذيـة مثـل السياسات التي تستخدم لإدارة مراقبة الجودة والتي تراعي الآتي:

أ- كم التفتيش للأجزاء والمواد المردة سيكون على أساس سابق أداء وسمعة الموردين.

ب- تقييم المنتجات الجديدة قبل بدء إنتاجها يتضمن تحليـل البيانـات الخاصـة بمقابلتها لمتطلبات الأداء ويتضمن أيضاً تقيم المناسبة الكلية للاستخدام متضمنة العول.

ج- تقييم المنتجات الجديدة للتوافق مع متطلبات الأداء سيتم وضعه تبعاً لأرقام محـددة للأداء.

د- سيتم تزويد الموردين بمستندات مطلوبة لمتطلبات الجودة قبل توقيع عقود التوريد.

هـ- اختبار المنتج حتى تماما اسـتهلاكه يسـتخدم فقـط عنـد بدايـة الإنتـاج أو عنـد إجـراء تعديل جسيم لمنتج قائم.

ويلاحظ أن كل هذه الإرشادات للسياسات تنص على قاعدة يتعين إتباعها أو ما يجـب عمله. وفي الحالتين يذكر كيف يجب عملها، وتوصف كيفية العمل في الإجراءات.

3- أهداف الجودة:

من المعروف أن الهدف بصفة عامة هو عبارة عن تحديـد النتيجـة المطلوبـة في وقـت محدد، والهدف هنا هو تحديد أغراضاً محددة، حيث أن تلـك الأغـراض تكـون هـي الأسـاس عند التخطيط للأنشطة المختلفة، والأهداف إما أن تكون قصيرة المدة (سنة واحدة) أو طويلة المدى (خمس سنوات).

وتقوم الإدارة العليا بتحديد الأهداف التي تكون أساساً في التخطيط للنتائج المرجوة.

والأهداف يمكن وضعها لغرض الخروج من الوضع القائم، أو التحكم في بحالته وهناك أسباب كثيرة تحدو بالمنشأة أن تكون الأهداف من أجل الخروج من الوضع القائم بها لأسباب عدة أهمها ما يلي:

أ- الرغبة في التوصل أو التمسك بالزيادة في الجودة.

ب- تحديد بعض الفرص لحسين الربحية من خلال منهج معاملات موافقة الاستخدامات.

ج- خسارة جزء من السوق بسبب عدم القدرة على المنافسة.

د- وجود مصادر كثيرة للمشاكل والشكاوى والمرتجعات والرغبة في إقلال هذه المتاعب، وكذا وقف المصروفات الخارجية المستنفذة في التعويضات وقطع الغيار والإصلاح... إلخ.

هـ- تحديد مشروعات تؤدي إلى خفض التكلفة داخلياً مثل تحسين نسبة الفاقد والمرتجع وإعادة التفتيش والاختبار.

و- معالجة القصور نحو المستهلك والمورد وأي وحدات أخرى خارج المصنع.

ز- معالجة التدهور في نفوس العاملين وتحسين الحوافز المادية والمعنوية، وأهداف الخروج من الوضع القائم ليس قاصرة على النواحي المادية فقط والتي يمكن حسابها عددياً مثل (الدخل، التكلفة) ولكن يمكن أن تتضمن موضوعات أخرى مثل برامج التدريب للعول، خطط ترتيب الموردين، دليل بحث شكاوى العملاء، إعادة تأهيل كوادر الجودة، إعداد تقرير تنفيذ معدل عن الجودة.

وفيما يلي بعض الأمثلة الواقعية على أهداف الجودة:

أ- خفض تكلفة الجودة بالمنشأة بنسبة "س%".

ب- فاقد المواد بالشركة لن يزيد عن "ص%".

ج- متوسط المرفوض لعدد "ص" من منتجات الشركة، سيتم خفضه من "ص1%" إلى "ص2%".

د- سيتم تدبير عدد طقم مهندس جودة مؤهل؟

هـ- تحديد تكاليف الجودة لكل منتج على حدة.

و- تكتيك استيفاء المعلومات الخاصة بالجودة أثناء التصنيع وتحليلها سيتم تطويره واستحداثه لأهم المنتجات.

ز- أرقام العول والقدرة على التحمل المستهدفة سيتم تحديدها على الأقل لأهم المنتجات.

ح- تحديد الإجراء الذي يؤكد أن مواصفات المنتجات يتم مراجعتها قبل إعداد خطط الإنتاج والتصنيع.

ط- إعداد دليل الجودة.

4- تقارير الجودة:

حيث تقدم معلومات تأكيد الجودة إلى المسئولين بعد تحويلها إلى صيغة ملائمة لتصبح مدخلاً أساسياً للتقارير التنفيذية عن الجودة وبذلك يصبح المسئول المزدحم بالأعمال متابعاً لأداء الجودة واتجاهاتها دون أن ينغمس في أمور التشغيل اليومي.

والشكل التالي يوضح التداخل بين تقارير التشغيل اليومي في أداء مراقبة الجودة والتقارير التنفيذية لمتابعتها:

التداخل بين تقارير التشغيل اليومي في أداء مراقبة الجودة

والتقارير التنفيذية لمتابعتها

الموضوع	التطبيق في تشغيل مراقبة الجودة	التطبيق في إعداد وتنفيذ تقارير تأكيد الجودة
- أسلوب الاستشعار	أجهزة، الإحساس البشري	موجز البيانات
- من يقوم بجمع البيانات	عمال، مفتشين، كتبه	إدارات الإحصاء
- متى يتم الاستشعار	خلال التشغيل التجاري	بعد أيام، أسابيع أو شهور من التشغيل
- المعايير المستخدمة للمقارنة	المواصفات للمواد، العمليات والمنتجات	الأعمال السابقة، المعلومات عن المنافسين، الخطة.
- من الذي يتصرف في المعلومات	وحدات التحكم الآلي والعمالة الفنية	المديرون
- الإجراء المتخذ	تنظيم العمليات، الإصلاح	حوافز، تغييرات بالخطة، إجراءات تنظيمية

حيث أنه في أغلب الأحيان فإن هذه التقارير التنفيذية المختصرة، تكون مصحوبة بفحوص المراجعين من الخارج، وتساعد هذه الفحوص على إظهار مدى مطابقة التقارير التنفيذية للواقع الفعلي تجاه الجودة. والمعلومات المطلوبة للإدارة تتباين من منشأة إلى أخرى، تبعاً لطبيعة المنتج ونجاح الإدارة في السيطرة والتحكم على مشاكل التشغيل... إلخ، علماً بأن أنواع المعلومات متشابهة، بالرغم من التغيرات الفنية في تفصيلاتها.

ويعرض الشكل التالي محتويات التقارير التنفيذية:

محتويات التقارير التنفيذية

نوع التحكم	وحدة القياس	المصدر الإداري للبيانات	المعيار المطبق	نمط العرض	الدورية
- ردود الزبائن السلبية بالشكوى	عدد شكاوى العملاء 1000 وحدة لكل ألف جم من المبيعات	خدمة الموقع	تاريخي	تقرير	شهري
- ردود الزبائن السلبية كالمرتجع	قيمة المرتجعات لكل ألف جم من المبيعات	الحسابات	تاريخي للسوق	تقرير	شهري
- طلبات الخدمة	طلبات الخدمة لكل 100 خدمة تحت الضمان وقيمة هذه الخدمة	خدمة الموقع	تاريخي للسوق	جدول	ربع سنوي
- أعباء الضمان	ج.م لكل 1000 وحدة تحت الضمان	الحسابات	تاريخي	جدول	ربع سنوي
- الخدمة بالموقع	معدلات التقصير (كمتوسط)	خدمة الموقع	تاريخي هندسي	منحنيات	ربع سنوي
- العول على المنتج	متوسط الوقت بين إحداث التقصير				
- مبيعات قطع الغيار	قيمة المبيعات لمداركة أوجه القصور	الحسابات	تاريخي	جداول	سنوي
- مطابقة المنتج للتفتيش والاختبار	القصور بكل وحدة/ والطلبية	الحسابات	تاريخي	جداول	سنوي
- الجودة السائدة بناء على فحوص المراجعين للمنتج	القصور بكل وحدة	اختبار الجودة	تاريخي	جداول	سنوي
- أداء الجودة للموردين	التكلفة جم/ المبيعات	الحسابات، مراقبة الجودة	تاريخي	جداول	شهري
- تكلفة الجودة (منعن تقييم، تصحيح خدمة)	التدريب والأعمال الهندسية، التفتيش والاختبار، إعادة التشغيل والخريد، أعباء المستهلك لكل وحدة منتج	الحسابات، مراقبة الجودة	تاريخي	جداول	ربع سنوي

الدورية	نمط العرض	المعيار المطبق	المصدر الإداري للبيانات	وحدة القياس	نوع التحكم
خاصة	تقرير	الخطة	تأكيد الجودة	عديدة	- دراسات المنتج (المراجعات بخلاف فحوص المنتج)
ربح سنوي	تقرير جداول المنحنيات		مراقبة الجودة	العائد على الاستثمار	- الفرص
ربع سنوي	تقرير		التسويق، خدمة الموقع، مراقبة الجودة	متنوعة	- علاقات المشتري
ربع سنوي	جداول تقارير منحنيات	الخطة	مراقبة لاجودة	ج.م. عائد على الاستثمار	- نتائج البرامج

طريقة التصرف تجاه التقارير:

للاستفادة من المعلومات المقدمة في التقارير، يجب أن تكون عندنا معرفة مسبقة عن أوجه القصور المحتملة في نظام البيانات، فهناك نماذج كثيرة لما يبدو أنه بيانات هامة ولكنها من الممكن أن تؤدي إلى استنتاجات خاطئة مثل الآتي:

أ- عند طرح منتج جديد في السوق، ولدى قياس معدلات طلب الخدمة التي تظهر المؤشرات أنها منخفضة بعد عدة أسابيع من طرح المنتج، فقد تفسر هذه المؤشرات أن المنتج مكتمل من النواحي الفنية وصلاحية الاستعمال ولكن السبب الحقيقي أن عدد طلبات الخدمة (المنسوب إلى عدد الوحدات المباعة). لم يبدأ احتسابه بعد استلام المنتج من المستهلكين واستعماله بالفعل. ويلزم في هذه الحالة تقدير فترة لقياس ذلك المؤشر تكون واقعية حيال فترات التوزيع والاستعمال.

ب- في حالة اعتماد معدي التقارير على المعلومات المستمدة من قواعد البيانات المتاحة بالوحدة. فإنه يتعين انتقاء نوعية المعلومات حيث أن حجم المعلومات لا يبرهن بالضرورة على صحة الاستنتاجات، باعتبار أن الاعتماد على بيانات هامشية أو غير مؤكدة سيؤدي إلى استنتاجات خاطئة وبالتالي إلى قرارات غير سليمة.

ج- في بعض الأحيان قد تتعارض التقارير مع تصورات المديرين المستمدة من خبراتهم، ويلزم هنا إجراء وقفة للتحقيق من صحة المعلومات ذاتها، حيث أن المعلومات المجمعة في بعض الأحيان تعتبر شاهداً على ما يتم وليس ما يتم ذاته.

د- فقد مصادر البيانات يؤدي إلى تقارير لا يمكن الاعتماد عليها في اتخاذ قرار فعال.

أنواع التقارير:

يعتمد اختبار الأنواع في إعداد التقارير على تقدير الإدارة العليا، حيث في الغالب تطلب تقارير مكتوبة مع تلخيص إضافي شفي، والتقارير الفنية ذاتها، يفضل المديرون ذو الخلفية الفنية أن تكون على شكل رسوم بيانية ومنحنيات، والتي تظهر الحيود من أول نظرة، أما الآخرون فيفضلون التقارير الوصفية والمجدولة. والملاحظ أن الأغلب يفضل التقارير الوصفية الموجزة مع توفير التفصيلات كملاحق.

وبوجه عام فإنه من المجدي تصميم التقارير النمطية بصورة لا تسمح للإدارة العليا بالتعمق في التفصيلات وعند الضرورة مع إضافة المرونة لهذه الأنماط أيضاً لحجم مكوناتها وعناصر المكونات.

النشر:

التقارير المنشورة يجب أن تتضمن أكبر قدر من توصيف لمجريات الأمور، لتمكين الإدارة من استيعاب الحقائق بسرعة، ومن أهم وسائل الإحاطة ما يلي:

- سرد أهم مشكلات الجودة الجارية (التي تجذب انتباه الإدارة العليا).
- تقارير تقدم سير العمال في البرامج تحت التنفيذ.
- أهم التطورات الجارية داخل وخارج المنشأة.
- وجهات النظر التي ستقدم للإدارة العليا.
- الاتجاهات المتوقعة لحركة الأسواق.

الغرض:

أغلب تقارير الجودة يتم تصميمها للاستخدام كإشارات تحذير للقيود. والبعد عن التوافق مع المعايير المحددة، بالإضافة إلى دراسات كلفة الجودة. ومن أهم عناصر هذه التقارير هي الفرص المتاحة والمتوقعة سواء لتوقع أخطاء أو متاعب وكذلك الفرص المتاحة للتحسين.

المعايير:

تقارير مراجعة الأداء تكون بلا معنى إلا إذا قورنت بمعايير مناسبة، حتى يتمكن المدير من الحكم على المؤشرات المعروضة، واتخاذ القرار المناسب.

وأكثر أنماط المعايير المتعارف عليها شيوعاً، هي تلك المدرجة في القائمة التالية:

أنماط المعايير المتعارف عليها شيوعاً

نوع المعيار	أسس البناء	الاستفسارات التي يجيب عليها
هندسي	الدراسات الهندسية (استخدام المواد، ساعات العمالة... إلخ)	هل تم التوصل للنتائج التي أشارت الدراسات الهندسية إلى إمكان التوصل إليها
تاريخي	استخلاص الأداء في الحقبة السابقة	هل الأمور في تقدم أو تدهور؟
السوق	استكشاف السوق لدراسة أداء المنافسين	ما هو وضعنا التنافسي مع الآخرين؟
التخطيط	البرنامج المفضل للأهداف وخطوات تنفيذها	هل المنشأة في مسار متقارب للمخطط؟

5- مراجعات الجودة:

حيث يمكن تعريف المراجعة وأغراضها، بأنها مصدر محايد لإمداد الإدارة بتأكيد ما يلي:

أ- أن تفصيلات خطة الحصول على الجودة المطلوبة سليمة ومناسبة، بحيث في حالة إتباعها يتم تلقائياً الحصول على الجودة المطلوبة.

ب- أن المنتجات صالة للاستعمال ويتوفر بها اشتراطات الأمن.

ج- أنه تم توفير المطابقة للمواصفات.

د- أن الإجراءات المكتوبة وافية ويتم إتباعها.

هـ- أن نظام المعلومات بالمنشأة فعال، وقادر بوضعه الحالي على إمداد المسئولين بالمعلومات المطلوبة عن الجودة.

و- أن الإجراءات التصحيحية اللازمة يتم إتباعها لمداركة الجودة.

ز- أن فرص التحسين والتطوير، وفرص حدوث القصور تم تحديدها وتصنيفها.

تخطيط برنامج المراجعة:

يتم تخطيط برنامج المراجعة تبعاً للغرض منه، ويتعين اتفاق الأطراف التالية على أغراض وقواعد برنامج المراجعة:

أ- قيادات الأنشطة موضوع المراجعة.

ب- قيادات إدارات المراجعة.

ويوضح الشكل التالي خطوات التخطيط لبرنامج المراجعة التي تؤدي إلى توفير القواعد الإرشادية المستمرة لجميع المختصين وتقنين المراجعات.

خطوات التخطيط برنامج المراجعة

خطوات التخطيط لبرنامج المراجعة	إدارة المراجعة	الإدارة التنفيذية	الإدارة العليا
مناقشة العرض الذي يقوم به المراجع ومدخل عام لأسلوب إدارة المراقبة	×	×	×
تقدير مبدئي للسياسات والإجراءات والقواعد الأخرى واجبة الإتباع	×	×	×
الموافقة النهائية			×
جدول المراجعات	×	×	×
إدارة المراجعات	×		
التحقق من النتائج		×	
نشر التقارير بالحقائق والتوصيات	×		
مناقشة التقارير	×	×	×
التوصية بقرارات الأعمال المطلوبة	×		
(الإجراءات التصحيحية) المتابعة	×		

السياسات الواجب مراعاتها خلال المراجعة:

عند الإعداد لبرنامج المراجعة، فإنه يتعين لواضعي السياسات تصور الحالة العملية، وحل الأسئلة المتعلقة بالسياسات مثل:

أ- التقنين:

يتوفر حق إجراء المراجعة بناء على الترخيص بذلك، والذي يتم الموافقة عليه من الإدارة العليا، ثم إخطار كافة المختصين، وبخلاف هذا الحق الأساسي فهناك أسئلة أخرى خاصة بالتقنين (ما هو الموضوع المقدم للمراجعة، هل يجب اصطحاب المراجع خلال جولاته، من الذي يقوم المراجعة بمقابلته... إلخ).

والحجم الأكبر من ممارسة المراجعة يوفر السوابق القانونية ويمارس المراجع عمله من خلال الرخصة الممنوحة بالإضافة إلى الاتفاقات الإضافية التي يتم التوصل إليها بعد المناقشة مع جميع المختصين.

ب- البرنامج المحدد يقابل غير المعلن:

أغلب المراجعات تتم من خلال برنامج معلن بدون مفاجآت أو أسرار، ويمكن ذلك جميع المختصين من تنظيم برامج تحميل العميل وتحميل كوادر العمالة بطريقة منتظمة.

ويقلل هذا أيضاً من المضايقات التي تحدث في حالة المراجعة المفاجئة (ولكن هناك بعض المواقف تتطلب المراجعة المفاجئة على سبيل المثال حسابات البنوك).

ج- الإيجابية:

يتوقع دائماً من المراجع مقارنة الأشياء بحالتها بمعيار إيجابي لما يجب أن تكون عليه، بحيث يجب مسبقاً توفر تلك المعايير مع تقليل الحالات التي يتعين فيها للمراجع القيام بحكم شخصي، وبالتالي تكون الفرصة أقل للاختلافات الواسعة في

التقدير، ومع ذلك فإنه يتعين وضع احتياطات لتأمين سلامة المعايير ذاتها، ومراجعة ذلك مع الإدارة لعليا في الحالات الحيوية.

د- التأكد من الحقائق:

المراجعون عامة يتوقع منهم ذكر الحقائق المادية (بعيداً عن الظواهر) الخاصة بأي قصور يكتشف خلال المراجعة ويتعين مناقشة خلفيات ذلك مع الإدارات قبل تضمين البند موضوع القصور بالتقارير الواردة للإدارات العليا.

هـ- اكتشاف الأسباب:

في كثير من المنشآت يطل بمن المراجع بحث القصور الجسيم بأسلوب يؤدي إلى اكتشاف السبب، وهذا التقصي يصبح الأساسي لتوصيات المراجع وفي شركات أخرى يطلب من المراجع ترك مثل هذا التقصي للإدارة الفنية، وتكون دراسة المراجع في هذه الحالة مصحوبة فقط بالتوصية بإجراء هذا التقصي.

و- التوصيات والتصحيحات:

يكلف المراجعون بعمل توصيات بوجهة نظرهم في أساليب تصويب الأخطاء وتحسين الأداء، وقلما يطلب منهم تحاشي الإنغماس في اقتراح الحلول، وأيضاً فإ، المراجعين يتوقع منهم متابعة التوصيات للتأكيد من أن إجراء ما قد تم (أي أن التوصيات قد أخذ بها أو درست ورفضت).

الجوانب الإنسانية:

المراجعة هو جهاز محايد لتأمين مصدر المعلومات، لذلك عندما يكون الجهاز وأدوات القياس لا تتضمن عنصراً بشرياً عندئذ لن يحدث خلاف من أي نوع في هذه الحالة.

ولكن المراجعين من البشر وبحكم اتصالاتهم في أعمالهم المرجعية التي يقومون بها تحدث بعض الجوانب الإنسانية التي قد تكون شائعة، لأن العيوب التي

تظهر خلال المراجعة تكون مصدر استياء نتيجة للنقد الضمني للإدارات، وكذلك توصيات المراجعة قد تكون مصدر استياء باعتبارها تدخلاً في مسئوليات العمل، ومن وجهة أخرى يعتبر المراجعون تراخي الاستجابة لطلباتهم في الحصول على المعلومات، نوعاً من سوء المعاملة لذلك يجب توعية كل من الجانبين بالموضوعات التالية:

أ- أسباب إجراء المراجعة:

أسباب المراجعة قد نوقشت بإسهاب قبل إعداد برنامج المراجعة ولكن هذه المناقشة كانت قاصرة على المديرين فقط لذا يجب توضيحها لباقي الكوادر.

ب- تحاشي جو التعنيف واللوم:

حيث إن الطريقة المؤكدة لتدهور العلاقات هي المبادرة بالبحث عن من يوجه إليه اللوم، وليس البحث عن الأسباب الموضوعية للقصور وأسلوب التصرف. ويتعين على مديري الإدارات والمراجعين عدم الوقوع في تلك المصيدة التلقائية حيث أن الآثار الجانبية لن تكون قاصرة فقط على الاستياء بين العاملين. ولكن ذلك سيضعف من فرص الحصول على المعلومات، لذلك يتعين أن تكون تقارير المراجعين منصبة على المشكلة بدون التعرض لمسئولية الأفراد.

ج- لباقة وموازنة التقارير:

تقارير المراجعين التي تركز فقط على أوجه القصور بالرغم من صحتها من الطبيعي أن تثير الاستياء إذا لم تتضمن أيضاً النواحي الإيجابية في تنفيذ برنامج الجودة.

ومع زيادة وعي العاملين فإن الإدارة العليا تطلب من المراجعين ليس فقط ذكر العيوب القائمة بل تطلب منهم استقراء العيوب المتوقعة.

د- تحاشي التقارير الشخصية:

نظراً لطبيعة عمل المراجع فإنه يكتسب شخصياً قدراً كبيراً من الأهمية باعتبار أن تقاريره تراجع من قبل الإدارة العليا، وإدارات المراجعة يتعين عليها الحرص على عدم سوء استغلال تلك الأهمية الشخصية، والمثالي على وجه العموم هو أن تكون التقارير والتوصيات مبناة على الحقائق المادية، وتتحاشى استقراء الرأي الشخصي حيث تتوافر فرصة اختلاف الرأي مع إدراك المراجع أن تقاريره هي أحد مدخلات عملية اتخاذ القرار، لذا يجب عليه تحاشي كافة أنواع المجادلة مع الإدارات التي تقع عليها المسئولية الفعلية بالدرجة الأولى.

هـ- مستوى المراجعة:

للحصول على مستوى مرضي للتقارير والتعاملات فإنه، يجب تأهيل المراجعين بقدر كاف من الدراسات الإنسانية، والفنية، تمكنهم من استيعاب النواحي الفنية لأعمال المراجعة بسهولة ويسر لاكتساب تقدير كوادر التشغيل.

مناهج المراجعة:

بديهياً يلاحظ أن النسبة للمنتجات البسيطة يكون مجال المراجعة أيضاً بسيطاً محدداً بواسطة مراجعي المنتج، ما في المنتجات المعقدة تكون المراجعة أعقد من مجرد مراجعة المنتج، ففي المنشآت تتبع برامج المراجعة أحد المناهج التالية لتقييم أي نشاط.

أ- وحدات التنظيم:

في المنشآت الضخمة هناك طبقات عدة من النظم لكل الأنشطة المحددة وفي هذه المشركات يستخدم عدة مجاميع من مرجعي الجودة يقوم كل مراجع بمراجعة أحد النظم وتقديم تقاريره إلى رئاسته.

ب- خطوط المنتج:

هنا يقيم المراجع أوجه الجودة لخطوط تنتج أجزاء معينة من المنتج (الدوائر المطبوعة، الطلمبات الهيدروليكية...) بدءاً من التصميم حتى قياس نجاح الأداء بالموقع.

مراجعات المنتج:

من أوسع بنود مراجعات الجودة، هو التقييم المحايد لجودة المنتج النهائي لتحديد مدى مطابقته للمواصفات وصلاحياته للاستخدام.

وهذه المراجعة تتم عن طريق مراجعي جودة مستقلين، ويتم انتقاؤهم من إدارة تأكيد الجودة، ونتائج المراجعة، تجعل في متناول يد كافة مستويات الإدارة ومثل هذه المراجعة تطلب فور انتهاء إدارات التفتيش والاختبار من وظيفتها.

وهناك جد مثار ولم يحسم بعد في أن نتائج التفتيش والاختبار النهائي فقط، من الممكن أن تمد بقياس مطمئن لجودة المنتج النهائي والأغلب يرى أن هناك قدراً كبيراً من المنطق في تخطيط قدر واسع من المراجعات للمنتج.

ومن المؤكد أن هناك قيمة كبرى لمراجعة أداء وظائف الجودة الكلية التي تتضمن تخطيط التفتيش والاختبار كما هو المثال أيضاً أداء الاختبارات ذاتها، وكلما زاد تعقيد المنتج، كلما دعت الحاجة لبعض الإضافات على شكل تأكيد المراجعة لتقييم الصلاحية للاستعمال تحت الظروف العادية والتي تكون صعبة ومكلفة، ولحسن الحظ فلأغلب نواحي الجودة صفات يميزها المستعمل، لذا فإنه من المجدي أداء مراجعة المنتج على أسس تمثيله في العمل، وأحياناً فلأسباب اقتصادية، فإن أغلب مراجعة المنتجات تم في المراحل الأولى للتعامل مع المنتج النهائي.

ونجد مختلف البدائل لاختيار مرحلة التعامل في الشكل التالي وللمنتجات البسيطة فإنه من المجدي شراء عينة مماثلة من المنتجات النهائية من السوق ويتم

اختبار هذه العينات للصلاحية والاستخدام والمطابقة مع المواصفات، وفي بعض المنشآت فـإن هذه المراجعات تتم سنوياً كجزء من التخطيط العام السـنوي لخطـوط الإنتـاج، ومثـل هـذه المراجعات قد تتضمن سرداً لمنتجات المنافسة أيضاً.

وللمنتجـات الاسـتهلاكية المركبـة كالسـلع المنزليـة المعمـرة، فـإن المناسـب هـو تـأمين ومراجعة بيانات المنتج في عدة مراحل لتقييم الإنتاج كما هو موضح بالشكل التالي:

مراحل مراجعة المنتج

حالة المنتج التي يتم عليها مراجعته	مزايا وآثار الاستخدام
- بعد القبول من المفتشين	أكثر اقتصادية ولكن لا يعكس تأثير التبعئة، الشحن، التخزين.
- بعد التعبئة ولكن قبل الشحن إلى الموقع	يتطلب فض الأغلفة وإعادتهـا. ولكـن يقـي التعبئة الأصلية.
- عند الاستلام من الموزعين	يصعب إدارة العملية لتعدد المواقـع ولكنـه يعكس تأثير الشحن والتخزين.
- عند الاستلام من المستهلكين	أكثر صعوبة في الأداء ولكنه يقـيم التـأثيرات المضافة عند التداول مع المـوزع، والتخـزين بالإضافة إلى تقييم أسلوب الشحن والتعبئة.
- خدمة العميل لأداء المنتج	هـو المثـالي ولكنـه الأكـثر صـعوبة في الإدارة بسـبب تنـوع الاسـتعمال ويكـن التبسـيط بنظام العينات.

ج- نظم الجودة:

هنا يوجه المراجع لفحص وتحقيق المجموعة لمختلف مكونات المدخل العام للجودة، والقائمة المتبعة في تلك النظم تكون كالتالي:

- أسلوب الإدارة لوظيفة الجودة.
- تطور المنتج وتصميمه.
- العلاقات مع الموردين.
- تخطيط التصنيع.
- التحكم في العمليات الصناعية.
- الاختبار النهائي للمنتج.
- الأداء بالموقع.

والمراجعة تبعاً لأسلوب النظم تيسر التعرف على أي بند خلال المجال الكلي للمنتجات.

إجراءات خاصة:

من الممكن أن يصمم المراجعون إجراءات خاصة بالأنشطة التي لها معنى خاص لمهمة قياس الجودة (تصنيف المنتجات غير المطابقة، التوثيق، معايرة الأجهزة،.... إلخ) ويوضح الشكل التالي ذلك:

الإجراءات الخاصة

بالأنشطة التي لها معنى خاص لمهمة قياس الجودة

نطاق النشاط	أمثلة لمهام مراجعة محددة
- المستندات الهندسية	استخدام آخر إصدار للمواصفات عن طريق المشتغلين الزمن المطلوب لوصول التغير في التصميم إلى الورش
- تعليمات الوظيفة	وجود ومناسبة المكتوب لتعليمات الوظيفة
- المعدات والعدد	استخدام المعدات والعدد المحددة، مناسبة الصيانة الوقائية
- معايرة أجهزة القياس	توفر إجراءات المعايرة ودرجاتها بالقدر الذي يقابل فترات المعايرة
- الإنتاج والتفتيش	مناسبة برنامج الترخيص للمهارات الخاصة، مناسبة التدريب
- وسائل الإنتاج	النظافة العامة والتحكم في الظروف البيئية الحرجة.
- تعليمات التفتيش	توافر ومناسبة التعليمات المكتوبة
- توثيق نتائج التفتيش	مناسبة التفصيلات، إعلانها لكوادر الإنتاج
- حالة الإعداد	تحديد حالة التفتيش وشكل المنتج وعزل المنتج المعيب
- مناولة المواد والتخزين	خطوات نقل وتداول المواد الحساسة، الحماية من التلف خلال التداول، التحكم في الجو البيئي للتخزين

مراجعة الوسائل والاستعدادات:

من المعلوم أنه بواسطة وسائل معينة يتم تنفيذ الأنشطة الإدارية (سياسات، أهداف، برامج، خطط، مناهج، التدريب، الحوافز، ... إلخ).

وكل وسيلة من هذه السوائل يمكن مراجعته للحكم على مدى مناسبته، وبعض هذه الوسائل مثل (السياسات، الأهداف) من الصعب الحصول على معيار لمقرنته، لذلك فتلك الوسائل يمكن تقييمها من المراجع شخصياً بصفة عامة، وللوسائل الأخرى يتوافر عدد من المعايير، وهذه المعايير متوفرة بعدة مصادر مثل:

أ- العقود مع الزبائن.

ب- مواصفات الجودة للمنشأة والعملاء.

ج- المواصفات التنظيمية والكتب المجمعة.

د- معايير الصناعة الوطنية.

هـ- منهج المنشأة في مراجعة الجودة.

وأكثر عمليات مراجعة المنتج كثافة، تتم مباشرة بعد إجراء التفتيش واختبار بالمصانع، وللمراجعات الإضافة فإن البيانات ترد من موزعين ووكلاء مختارين بنظام مشترك خاص بمراجعة المنتج والتفتيش في إطار ترتيبات إضافية تتم لتأمين البيانات من مراكز خدمة عملاء مختارة، بالإضافة إلى استخدام بطاقات رأي العملاء التي توزع مع السلعة، ولدى التنظيم السليم لتوقيتات الحصول على هذه البيانات باعتبار مراحل التأخير في دورها، فإن جميع هذه المصادر يمكن جدولتها بطريقة توضح اتجاهات الجودة وأيضاً مستوياتها.

والأخطاء التي تكتشف تحاط بها الإدارة المختصة بالإضافة إلى ذلك تعد تقارير موجزة تلخص المعطيات والاتجاهات وتقسم الأخطاء تبعاً لدرجة الأهمية مقابل رقم القصور يحدد له تصنيف مناسب، ويتم استنتاج رقم القصور للوحدة

ويوضع في تقرير كفهرس للجودة الكلية، وهذا الفهرس يعتمد على عامل تعقد المنتج المبني على رقم الخطأ الممكن حدوثه، وهو حساب طبيعي لعدد من أهم أخطاء التجميع الممكنة، وللمعدات الكبيرة فإن هذا الحساب يمكن أن يرتفع إلى رقم جسيم، ورقم الأخطاء الممكنة يستخدم أيضاً كمكافئ لعدد وحدات المنتج المعدة لغرض تجميع عينة ما.

مراجعة أعمال الموردين:

مراجعة أعمال الموردين تكون دائماً مرتبطة بعقود المنتجات المعدة وهذه العقود بالضرورة تتضمن شراء قدرات الموردين (التصميم، مستندات الإنتاج، حق المعرفة... إلخ) بمعنى أن جودة المنتج مرتبطة بالطريقة التي يقوم بها البائع بأداء هذه المهارات، وبالتعبئة فإن المشتري يتوخى الانتباه إلى هذه الإمكانات خلال مراحل التعاقد المختلفة التالية:

أ- مرحلة قبل الإسناد:

خلال هذه المرحلة يكون الغرض من المراجعة هو تقييم إمكانات المورد المختلفة، والحكم على ما يتوقع من أدائه إذا ما تم التعاقد معه وبالإضافة إلى ذلك يتعرف المراجع على أوجه الضعف، التي قد يطل بمن الموردين مداركتها كشرط للإسناد، ومراجعته قبل الإسناد يم توجيهه أساساً إلى:

- سياسات الجودة، أهداف الجودة، هيكل المنظمة، توافر مرافق نظام الجودة وأدواته.
- علاقات العقود الفرعية من الباطن، بمعنى أنشطة الجودة للمورد مع المردين الآخرين.
- التحكم في المواد، التصنيف، التخزين، النقل، .... إلخ.
- التصنيع بمعنى تخطيط التصنيع، إمكانات العملية الصناعية، التحكم في العملية.

- التفتيش والاختبار، الوسائل، التخطيط، نظام البيانات، معايرة الأجهزة.

ب- مرحلة التعاقد:

عملية التعاقد قد تتضمن ترتيبات خاصة بإبعاد برامج الجودة، وهذا عـادة يـتم ذكـر مراجع منشورة محددة للمعايير مع الإضافة والتعديل، والمعايير المعدلة الناتجة، تصبح هـي الأساس لعمليات المراجعة التالية خلال تنفيذ العقد.

وخلال هذه المرحلة يتفق الطرفان أيضاً على أحكام العقد الخاصـة بـالجودة بالنسـبة لمواصـفات المنـتج، طـرق التصـنيع، الـتحكم في المتغـيرات، طـرق الاختيـار، بيانـات الاختبـار، التوثيق... إلخ وبالإضافة فإنه يتفق على قواعد إجراء العمل للمراجعين أنفسهم.

ج- مرحلة التنفيذ:

خلال مرحلـة تنفيـذ العقـد يتحقـق المراجعـون مـن الالتـزام بالسياسـات، التخطـيط، الطرق.. إلخ وهذه المراجعة مشابهة لما يتم من مراجعات لدى التنفيذ داخل المصنع.

مرجعة التنفيذ تبعاً للخطة:

يكرس قدر كبير مـن وقـت المراجعـة للتحقـق إلى أي مـدى كانـت عمليـات التصـنيع متمشية مع الخطة، المواصفات... إلخ، وحيث أن العمليات تتضمن عدداً ضخماً من الأنشطة والقرارات، فإن مراجعة التنفيذ مقابل الخطة يجب أن تستخدم بكفاءة أسلوب العينات.

وهذا الأسلوب متعدد الأبعاد في واقعة يتضمن عـادة خطـط إنتـاج، وظـائف إداريـة، موضوعات خاصة بالمناهج والطرق... إلخ وبعض المنشآت ترجـع إلى خطـط نمطيـة منظومـة لاختبار العينات، بهدف تأمين التغطية لكافة المتغيرات ذات القيمة بأقل جهد في المراجعة.

تحديد الفرص:

غالباً يكون المراجع المتخصص قادراً على اكتشاف فرص للتحسين كناتج ثانوي لبحثه عن المتناقضات، وهذه الفرص من الممكن أن تكون معلومة لكوادر التشغيل وفي هذه الحالة فإن المراجع يقوم حينئذ بإعادة اكتشافها. لأن كوادر التنفيذ تكون غير قادرة على أداء ذلك لعدة أسباب منها (التحميل الزائد وعدم القدرة على التواصل مع المستويات الفنية الأعلى، قصور التشخيص... إلخ).

والمراجع خلال وضعه المستقل قادر على إزاحة كل هذه المعوقات فهو غير محمل بالروتين والعمل اليومي مثلهم... بالإضافة فإن تقرير المراجع يقدم إلى مستويات فنية وإدارية متعددة وبذلك يكون لديه فرصة الوصول إلى يد أحد المختصين الذي لديه القدرة على التصرف.

أداء المراجعات:

تستخدم المراجعات كأساس لقدر كبير من الأنشطة الإدارية فإنها تحاط بعدد كبير من القواعد لتأمين موضوعيتها وسريانها، وعادة فإن قواعد التنفيذ والأداء تدمج في دليل مراجعة الجودة الخاص بالمنشأة، وهذا الدليل يضع القواعد المرشدة، وإجراءات أداء مراجعة الجودة وفيما يلي صورة لما يمكن أن يحتويه ذلك الدليل لأوجه المراجعة.

أ- السياسات والأهداف:

يصف الدليل الأهداف التي يجب تغطيتها وخدمتها من خلال عملية المراجعة ويضع السياسات التي ترشد كافة المختصين كمدخل للتنفيذ.

ب- التنظيم:

غالباً تستند المراجعة إلى إدارة مراجعة الجودة التي تكون مسئولة من مدير الجودة، وهناك أنماط قليلة يتم بها مراجعة الجودة عن طريق فريق من المديرين أو

فريق من الملاحظين وتتوقف على مادة الموضوع. وعلى أي الأحوال فإن المسئولية عن المراجعة يجب أن تكون واضحة حتى لا يكون هناك أي شبهة في قانونيتها.

ج- مناهج المراجعة:

وهذا أيضاً يحدد ويتم تقنينه بالإضافة إلى مجموعات الأدلة المستقاة من القواعد الواجب إتباعها في جدولة المراجعة والقيام باختيار الموضوعات. ثم تستخدم هذه القواعد كأساس للعمل كل سنة لأداء جدول المراجعة.

قوائم المراجعة:

من المعتاد من الناحية العملية إمداد المراجعين بمرشدات تعرف الموضوع المحدد للمراجعة والتي تساعد على التأكد من المراجع سيقوم بأداء مهنته كاملة، وجدير بالذكر أن قوائم المراجعة مدرجة في وثائق التشغيل ذاتها (أو أمر التوريد، العقود، المواصفات، الإجراءات التي تحمل مادة الموضوع المسند). وهذه الأحكام تكون تلقائياً جزءاً من قوائم المراجعة.

والقوائم الإضافية من الممكن أن تعد بناء على المناقشات خلال تحضير رخصة المراجعة وبالإضافة إلى ذلك فإن لخبرة المستمدة خلال المراجعة تحدد أوجه الضعف المتكررة لنواحي الجودة المرتبطة بالعملية.

وهذه الأوجه تدخل قوائم المراجعة كأسئلة أو نقاط مبوبة، والأسئلة قد تكون واسعة المعنى تاركة فرصة لمكانة وغزارة علم المراجع.

وباختصار يلزم إجابة السؤالين التاليين:

أ- هل الإجراءات المكتوبة متفقة مع سياسة الجودة بالمنشأة؟

ب- هل تتفهم الكوادر المواصفات والإجراءات؟

وهناك نوع وسيط من قوائم المراجعة تحدد المجالات لمادة الموضوع التي يلزم ضبطها وتترك للمراجع إعداد قوائم الضبط التفصيلية والمثال الموضح لهذه

المجالات يتضح في صيانة الآلات والعدد، التحكم في التغيرات الهندسية بأوامر التوريد.

وفي بعض المنشآت تدخل قوائم الضبط في التفصيلات بدرجة كبرة متطلبة من المراجع أن يراجع بنوداً كثرة لأداء التشغيل (وكذلك تسجل الحقائق المتعلقة بالمراجعة) وعلى سبيل المثال مراجع فحص اختبار يجري بواسطة مفتش قد يطلب في قوائم الفحص أن يراجع عمل المفتش عن مدى صحة رقم المواصفة المستخدمة لكفاءة الخواص التي تفحص (نوع الجهاز المستخدم، حجم العينة، مداخل البيانات... إلخ).

التقارير حول القصور:

اكتشاف أوجه القصور أثناء المراجعة يحاط بالكثير من الرسميات، ويناقش أولاً المراجع ما اكتشفه مع المشرف المختص مباشرة، ليصل إلى اتفاق حول هذه الحقائق وحينئذ تكتب أوجه التناقض في استمارة تصمم خصيصاً لذلك الغرض وترسل صورة إلى المديرين المختصين قبل التقارير الموجزة للمراجعة الموسعة. وهذه الاستمارة تبدأ في الحركة لعمل التصحيح اللازم.

تفسير درجة الخطورة:

التعاريف الأساسية لتلك النقطة يتفق عليها مع قائمة التصنيف لنوعيات محددة من التناقضات التي تم بالفعل إدخالها في عملية التصنيف مع اعتبار الدرجات أولاً للأوزان في حالة استخدامها بالتقرير.

نظام البيانات:

هذا يتضمن رمز رقم الخطة (للسماح بميكنة البيانات) طرق تلخيص البيانات وأنواع الفهارس المطلوب استخلاصها بالحاسب.

ويطبق ذلك للعناصر التي تحتاج لاعتبارها في المدخلات التفصيلية إلى تحويلات كمية ونوعية.

نشر التقرير:

يتم الاتفاق على نط التقرير، مسئولية المراجعة، قوائم توزيع أنواع التقارير المختلفة لمستويات الإدارة وتصميم تقارير المراجعة يكون نمطياً بما يسمح بالتوزيع الانتقائي.

أعمال التصحيح:

وهذا أيضاً يحاط بالرسمية، حيث يطل بمن مديري التشغيل الرد كتابة لما يخططون لتنفيذه تجاه استيعاب المتناقضات المكتشفة أو التوصيات المقترحة، ومديرو التشغيل ليسوا مجبرين على إتباع التوصيات، (ويمكنهم عدم إتباعها ولكن يتعين ذكر السبب). ويلاحظ أن هذه الرسميات تساعد على التأكيد بأن تقارير الجودة لها أولوية خاصة من انتباه الإدارة.

ومن هذه التقارير:

أ- تقرير عن كل تناقض لتأمين إجراء تصحيحي، وهذا التقرير يكون مقدماً إلى كوادر التشغيل المسئولة، مع صورة منها إلى بعض المستويات الإدارية.

ب- تقرير عن الموقف الكلي لمنهج المراجعة تحت الفحص وهذه التقارير لم تعد منمطة ولكن هناك أنواعاً كافية تحت التجربة لتحديد بعض أسس متطلبات التقرير الشامل ولمقابلة هذه الطلبات فإنه يتعين:

تلخيص بيانات المراجعة:

كل المراجعات تتضمن تصوراً لكيفية أداء العمل موضوع المراجعة وعند تطبيق فحوص المراجعة فإن أغلب عناصر الأداء يتبين عادة أنها مناسبة، بينما

يوجد بعضها مختلفاً عن المستهدف، ولإعداد التقارير عن هذه المعطيات فإن ذلك يتطلب:

أ- تقيم الأداء الكلي للجودة بطرق تأمين إجابات أغلب أسئلة الإدارة العليا (هل المنتج آمن، هل نحن متمشون مع النواحي القانونية، هل المنتج صالح للاستعمال، هل المنتج صالح للتسويق، هل أداء الإدارة التي تحت الفحص مناسب).

ب- إعداد تقييم لحالة أهم العنصر الثانوية للأداء الكلي (نظام الجودة وعناصره، الأقسام، الوحدات، الإجراءات ... إلخ).

ج- تحضير نوع من التوقع لمعدلات حدوث المتناقضات أو الاختلافات بالتناسب مع عدد فرص حدوثها.

د- تحضير نوع التوقع لاتجاه هذه النسبة (التناقضات المجمعة إلى تلك المتوقعة) ومدى فاعلية برامج حصر والسيطرة على فرص تكرار هذه الاختلافات.

هـ- تحضير قائمة بالأفراد والأماكن التي تم زياراتها، والمادة التي فحصت، إعداد الملاحظات التي وجدت، العينة المأخوذة... إلخ، وهذه التفصيلات تضفي الثقة بالتقرير.

و- تحاشي معاداة كوادر التشغيل والمديرين بالتقارير التي رغم حقيقتها فإنها قد تبدو لهم كصورة منحازة.

والصورة المعتادة لهذا الإنحيار المرفوض هو تقرير المراجعة الذي يظهر أوجه التناقض، بدون ذكر وقياس الأوجه الإيجابية.

تصنيف درجة الأهمية:

بعض برامج المراجعة تستخدم تصنيفاً لأهمية الخطأ وهذا شائع غالباً في حالة مراجعة المنتجات حيث تصنيف العيوب إلى: حرج، جسيم، ضيف ويحدد وزن لدرجة القصور، وهذه النظم لتصنيف درجة الأهمية التي تنميطها إلى حد كبير.

وبعض برامج المراجعة تطبق أيضاً تصنيف درجة الأهمية للأخطاء المكتشفة في التخطيط لخطوات اتخاذ القرار، تسجيل البيانات... إلخ.

وذلك الاتجاه يتوازى، وذلك المستخدم في مراجعة المنتج، والتعاريف وضعت لهذه التعبيرات (خطير، جسيم، ضئيل) ويتم تجميع القصور وتستخلص قيم القصور الكلية.

وحدة القياس:

في مراجعات المنتج تكون الوحدة المستخدمة عادة في القياس هي القصور لوحدة المنتج والقصور الفعلي لوحدة المنتج للشهر الجاري يقارن في مقابل القياسات السابقة لتحديد الاتجاهات.

وأحياناً تتم المقارنة بمنتجات المنافسين، لمقارنة جودة المنشأة مقابل المتاح بالأسواق ويكون معيار القصور بوحدة المنتج فعالاً في الحالات التي تقارن الاختلافات المكثفة بغرض حدوثها.

وهذا المعيار يقدر من جانب كوادر التشغيل كمعيار عادل وإيجابي، ولمراجعة الخطط والوثائق... إلخ، فإنه يفضل بالمثل مقارنة الاختلافات التي تكشف بعض الفرص المستنتجة لحدوث هذه الاختلافات.

وبعض الشركات تعد ذلك بالرصد الفعلي لهذه الفرص.

ونمط آخر يستعمل كثيراً عن طرق رصد الاختلافات بكل مراجعة مع اعتبار معامل تصحيح الوقت المستغرق من المراجع، والسبب الواضح لذلك لأنه كلما زاد عنصر الوقت في المراجعة كلما كانت فرص المراجعة أدق وفرص اكتشاف الاختلافات أكبر.

تقييم النظم:

في بعض الشركات يتولى المراجعون تلخيص معطياتهم عن طريق تقييم النظام الذي يجمل عموماً نظام الجودة.

وهناك على سبيل المثال في إحدى المنشآت الكبرى تتم عملية تقييم لثلاثين نشاطاً تجمع في سبعة نظم فرعية للجودة مثل (جودة التوريد، جودة المنتج النهائي... إلخ).

ويقيم المراجع كل نظام فرعي لدرجة مثل (ممتازة، جيدة، مقبول، سئ، غير مرضي) ثم تنشر النتائج الخاصة بكل وضع ولك قسم وأيضاً يتم تقييم نظام تكلفة الجودة السنوية للجودة.

وعندما تلخص نتائج المراجعة بكل الأقسام أو المصانع فإنها تعامل على إنها جزء من تقييم المدير للأفراد العاملين تحت إشرافه.

ولو تم بالإضافة إلى ذلك عقد مقارنة و تقييم بين الأقسام المختلفة بالمنشأة، فإن ذلك يخلق نوعاً من المنافسة المطلوبة بين الأقسام وإتباع ذلك الأسلوب في معاملة التقارير وتمحيصها واستخدامها كجزء من معايير تقييم أداء الأفراد، يرفع دوماً من الاهتمام بها وينعكس ذلك على ارتفاع الجودة ذاتها.

وفي بعض المنشآت المتقدمة في إتباع تلك الإجراءات، تكون تقارير مراجعة الجودة هي الأساس في الترخيص لوحدات المصنع بمطابقة المواصفات القياسية

وكذلك مطابقة متطلبات الجودة القائمة وتتوسع حكومات الدول الصناعية حالياً في الأخذ بهذا الأسلوب كأساس لعمل منشآتها المسئولة عن متابعة أداء الجودة.

بل إن شهادات المطابقة للمواصفات الدولية (أيزو 9000) لنظم الجود تتم بناء على مراجع متعددة من المراجعات:

الهيكل التنظيمي لإدارة ضبط الجودة:

لكي نصل إلى وضع الهيكل التنظيمي المناسب لإدارة ضبط الجودة يجب تحديد الآتي:

1- تحديد الأنشطة الرئيسية اللازمة لضبط الجودة (مثل تخطيط ومتابعة عمليات ضبط الجودة – تنفيذ عمليات الجودة – مراقبة أجهزة ومعدات ضبط الجودة...).

2- تحديد الأعمال اللازمة لتنفيذ هذه الأنشطة.

3- تجميع هذه الأعمال في مجموعات متشابهة طباقاً لأسس محددة ثم تحديد العلاقة بينها.

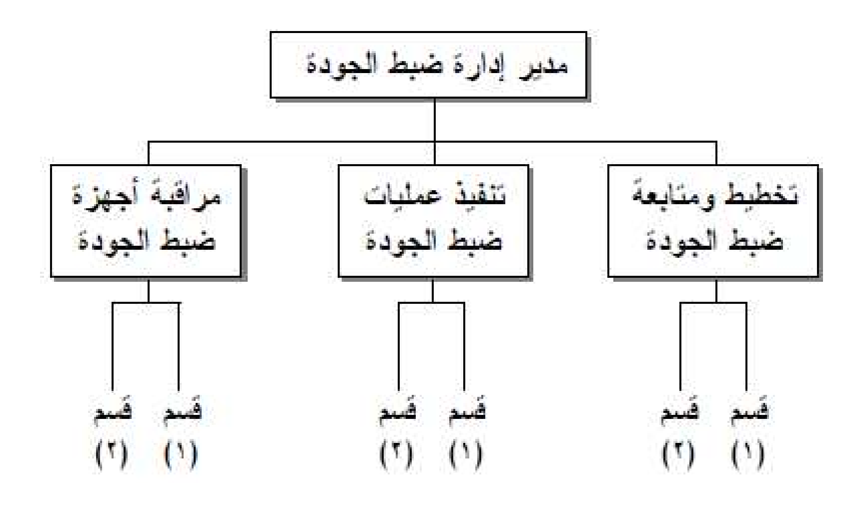
وبعد أن يتم تحديد الأنشطة الرئيسية والأعمال اللازمة لوظيفة ضبط الجودة داخل المصنع، يتم اختيار الهيكل التنظيمي بما يتناسب مع حجم وطبيعة المنشأة. وهناك أشكال عديدة من الهياكل التنظيمية نذكر منها الأشكال الثلاثة الآتية، وهي الأكثر شيوعاً[1]:

الهيكل الأول: مركزية أو لا مركزية أنشطة ضبط الجودة:

إذا كان حجم المصنع صغيراً ولا تتعدد فيه الفروع المختلفة كانت المركزية هي الأسلوب المناسب وذلك كما في الهيكل التنظيمي الموضح في الشكل التالي:

---

(1) د. عبد المنعم محمد حموده – المجلد الثاني – حلقات التصنيع والجودة الشاملة.



ومن الرسم تضح جملة الأعمال التالية:

1- الأعمال اللازمة لنشاط تخطيط ومتابعة الجودة:

تحديد الأهداف اللازمة لضبط الجودة:

- مراجعة عمليات التصميم والإنتاج والقياس والاختبار لتحليل الأساليب المتبعة حالياً ودراسة مدى تأثيرها على الجودة.
- المشاركة في وضع معايير الجودة من مواصفات وتفاوت مستويات لقبول الجودة.
- المشاركة في تخطيط عمليات الإنتاج وذلك من وجهة نظر ضبط الجودة لضمان أن تحقق عمليات الإنتاج المستويات المستهدفة للجودة.
- تحديد مواصفات المواد المشتراة وكذلك الطرق التي يجب إتباعها عند قبول أو رفض المواد المشتراة.
- المشاركة مع إدارة الإنتاج في تحديد مقدرة الماكينات والأجهزة الجديدة، وكذلك في تحديد المواصفات قبل الشراء وإجراء الاختبارات اللازمة لذلك (دراسات مقدرة عمليات التشغيل)، وتحليل النتائج واقتراح التعديلات اللازمة لرفع كفاءة عمليات التشغيل.

- وضـع نظـام المعلومـات عـن الجـودة حتـى يمكـن جمـع البيانـات عـن الجـودة وتجهيزها بسرعة ودقة.
- تحليل تكاليف الجودة.وضع النظم الخاصة باعتماد شهادات المطابقة والجودة.
- تحليل احتياجات العمـلاء الخاصـة بـالعيوب التـي يلاحظونهـا عـلى المنتجـات في مواقع العمل والاستخدام.
- القيام بالتدريب لرفع مستوى الجودة وإعداد البرامج اللازمة.
- إعداد النشرات الخاصة بالجودة وكذلك كل التعليمات التي تنشر عن هذا المجال.

2- الأعمال اللازمة لتنفيذ عمليات ضبط الجودة:

- القيام بتوعيـة العـاملين في الإنتـاج بمفـاهيم وأهـداف ومتطلبـات خطـة الضـبط الشامل للجودة وشرح المطلوب منهم لرفع مستوى الجودة.
- القيام بإجراءات العمليات اللازمة لضبط الجودة للمواد الداخلية – للمـواد أثنـاء التشغيل – للمنتجات التامة الصنع.
- القيام بعمليات الاختبار اللازمة في المعامل المختلفة.
- العمل مع إدارة المبيعات في مناقشة وحل كل المشكل الخاصة بالجودة والتي قـد يثيرها العملاء.
- تحليل المعيب والمرفوضات والاشتراك مع المسئولين عن نشـاط تخطـيط ومتابعـة الجودة.
- العمل مع إدارة المشتريات لتحديد المواصفات الخاصة بالمواد المشـتراة وكـذلك في تقييم الموردين من ناحية جودة منتجاتهم.
- تحليل لأسـباب الانحـراف في مسـتويات الجـودة واتخـاذ الإجـراءات التصـحيحية اللازمة.

- القيـام بحفـظ سـجلات التفتـيش والاختبـار والمعيـب والمرفوضـات ومراجعـة مستويات الجودة.

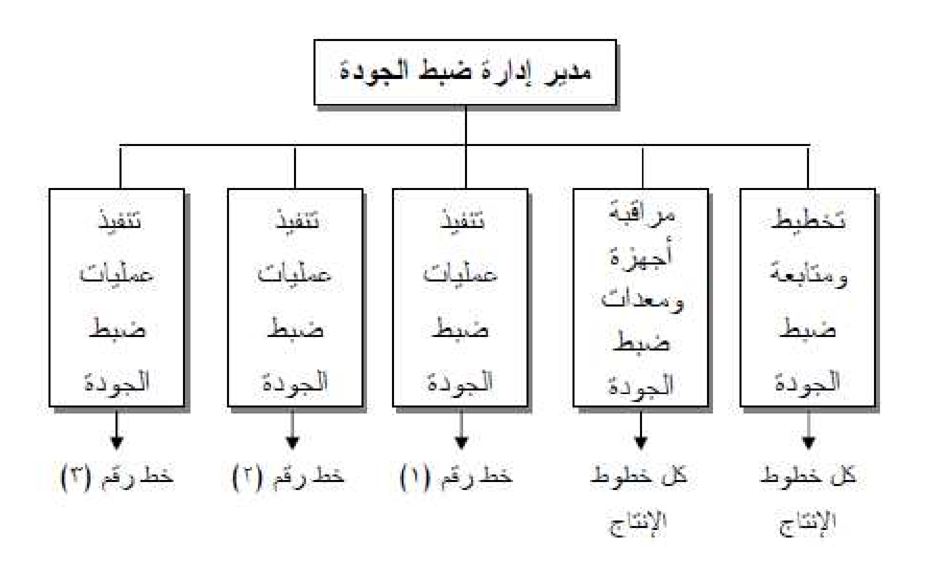
3- الأعمال اللازمة لمراقبة أجهزة ومعدات ضبط الجودة:

- القيام بتصميم وتطوير الأجهزة والأدوات والمعدات اللازمة لضبط الجـودة داخـل المصنع، ووضع الخطط اللازمة لضمان أن تعمـل هـذه الأجهـزة بالدقـة والكفـاءة المطلوبة.
- العمل على تزويد المواقع المختلفة بأجهزة القياس المطلوبة.
- القيام بعمليات المعايرة والضبط لأجهزة ومعدات القياس المختلفة.
- المشاركة مع الإدارات الأخرى (التصميم – الهندسة – الإنتاج) في تحويل عمليـات الضبط اليـدوي إلى ضـبط ميكـانيكي أو أوتومـاتيكي لضـمان رفـع كفـاءة وفعليـة عمليات القياس والتحكم في الجودة.

وبعد أن تم تحديد الأنشطة الرئيسية والأعمال اللازمة لوظيفـة ضـبط الجـودة داخـل المصنع، نأتي إلى السؤال الخاص بمركزية أو لا مركزية هذه الأنشطة الرئيسية.

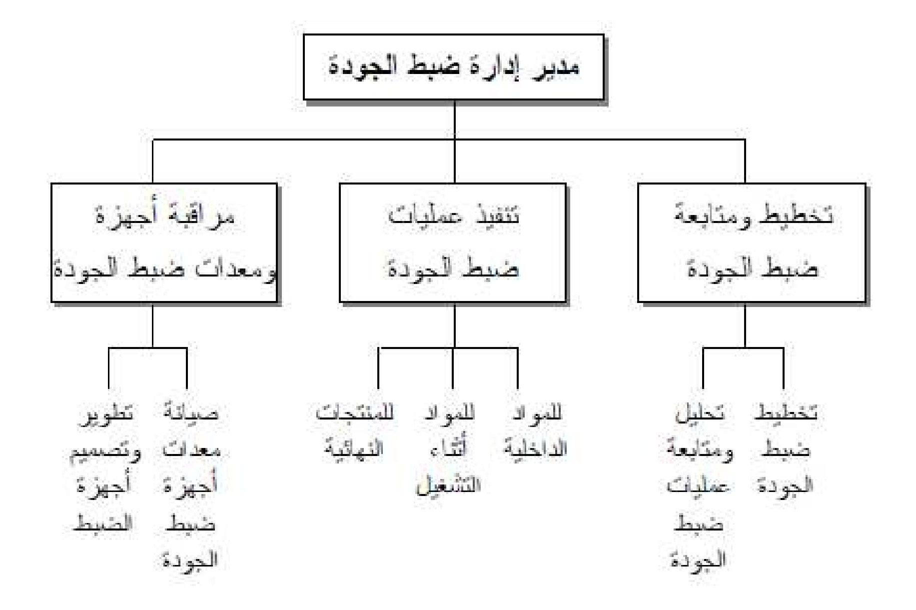
الهيكل الثاني:

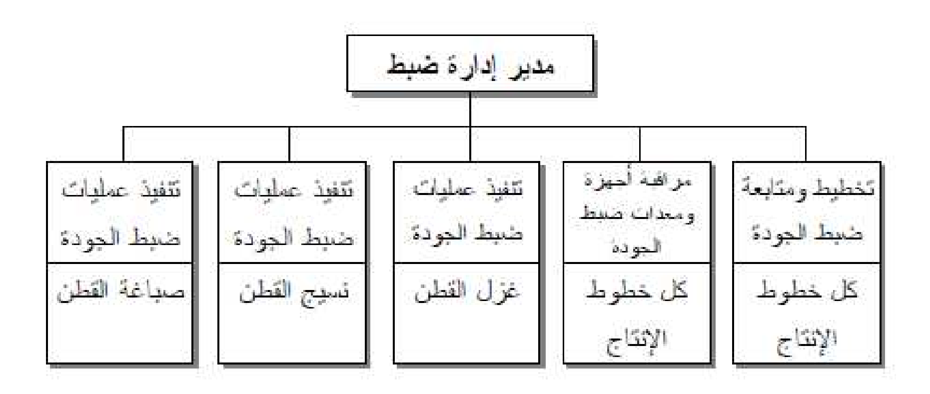
إذا كان حجم المصنع كبيراً ومكوناً من عدة فروع، فيفضل اسـتخدام اللامركزيـة طبقـاً للهيكل التنظيم الموضح في الشكل التالي:



الهيكل الثالث:

وفي هذا الهيكل يتم تقسيم عمليات ضبط الجودة إلى ضبط جودة المواد الداخلية والمواد تحت التشغيل والمنتجات النهائية كما هو موضح في الشكل التالي:





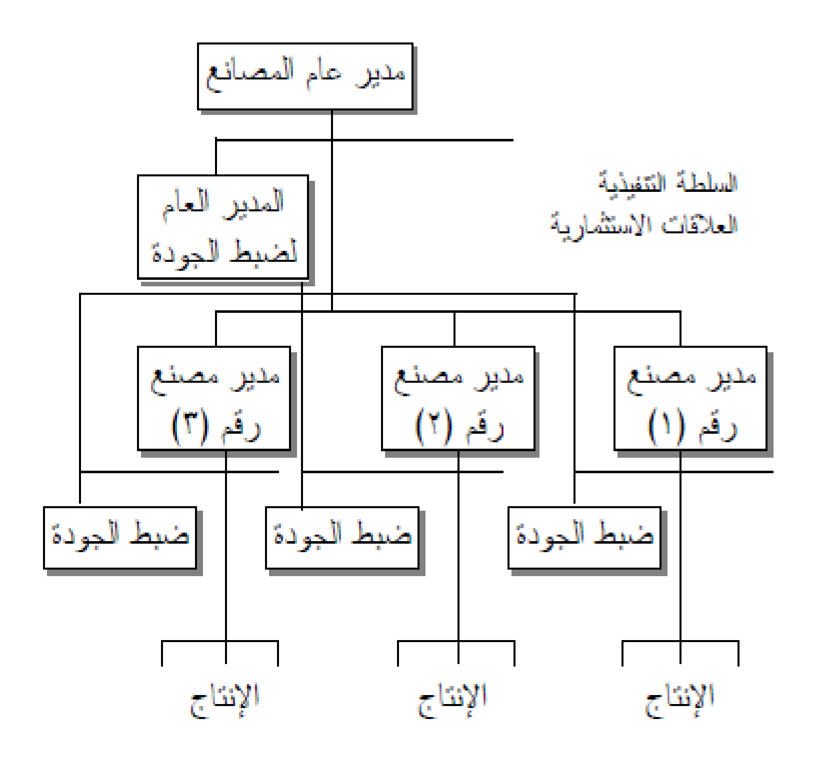
وفي بعض الأحوال عندما تكون الشركة مكنة من عدة مصانع في مناطق متباعدة، يأخذ تنظيم إدارة مراقبة الجودة - الشكل التنظيمي الموضح فيما يلي، وفي هذا الهيكل التنظيمي تظهر الحاجة إلى وجود إدارات مختلفة لضبط الجودة في كل مصنع من المصانع الثلاثة، وتتعب كل إدارة مدير المصنع الموجودة به مباشرة، وهذا يعني وجود سلطة تنفيذية لمدير كل مصنع على إدارة الجودة الموجودة.

ولكن نظراً للحاجة إلى التنسيق بين المصانع الثلاثة من ناحية الجودة، فيوجد مدير عام للجودة يتبع مدير عام المصانع مباشرة، وتكون العلاقة بينه وبين الإدارات الثلاثة للجودة الملحقة بالمصنع هي علاقة استشارية أي فقط للتنسيق بينهم ولوضع الخطوط العامة للسياسات أمام العمليات الأخرى الخاصة بالجودة فذلك من اختصاص إدارات الجودة الموجودة بالمصانع المختلفة.

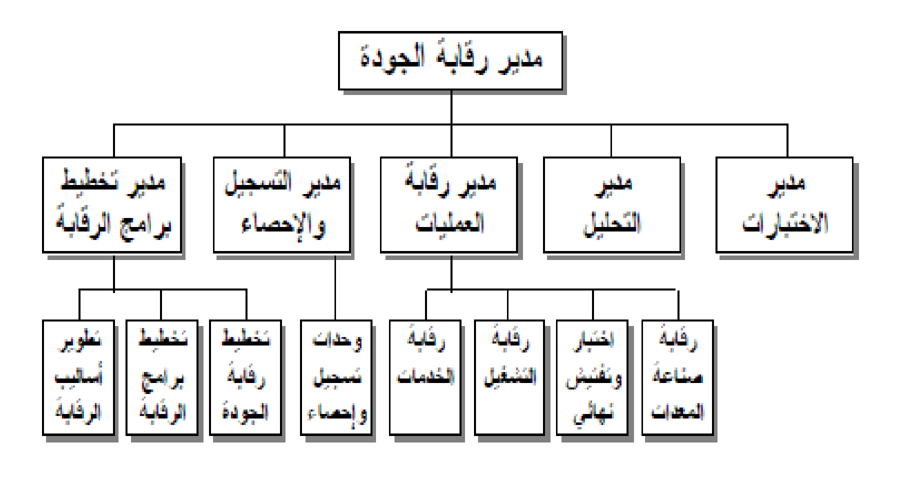
حجم إدارة الرقابة على الجودة:

يرتبط حجم إدارة الرقابة على الجودة بحجم نشاط الشركة، وعدد السلع التي تنتجها وعدد العاملين بها، وعدد الآلات ونوعها، ومن الغريب أنه كلما اتجاه الإنتاج نحو أسلوب الميكنة في التشغيل زادت الحاجة نحو الرقابة على الجودة،

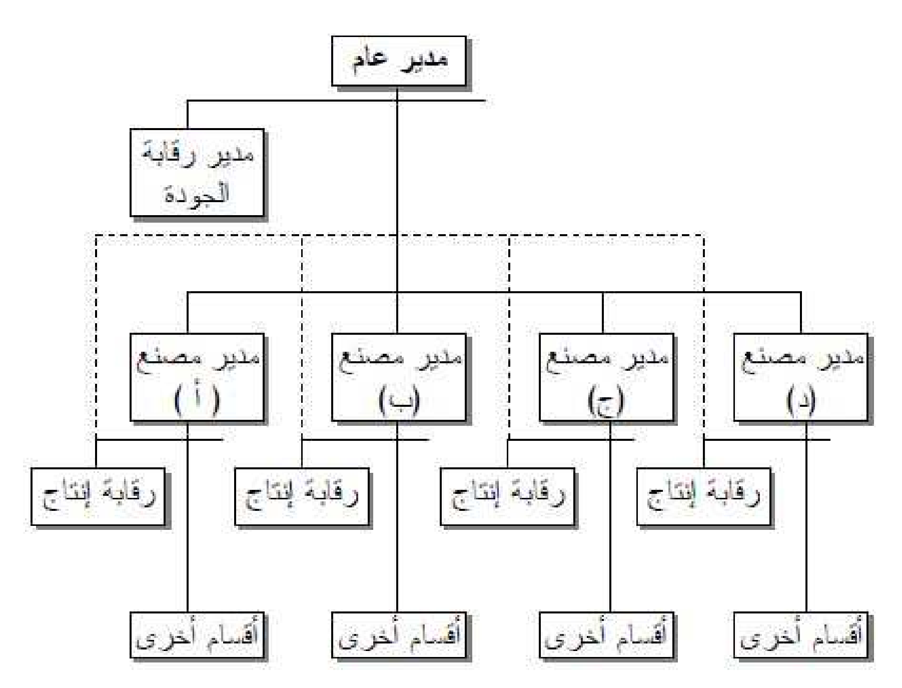
وبالتالي تأثر حجمها... وطبقاً لحجم العمل فقد تتركز جميع عمليات الرقابة في شخص واحد، وقد يعهد ببعض مسئولياته لعدد من المساعدين، يختص كل مساعد بوظيفة محددة، وبازدياد حجم الإنتاج، واتساع نشاط الشركة قد يحتاج كل مساعد إلى عدد من المساعدين حتى يمكن إتمام العمل على الوجه الأكمل، هذا ما يحدث في الشركات الضخمة حيث تعدد العمليات وتتنوع لدرجة كبيرة تحتاج فيها الشركة إلى أعداد متزايدة من التخصصات الدقيقة في التخطيط والإحصاء والتسجيل والتحليل، الأمر الذي يتحتم معه وضع نوع من التنظيم تراعي فيه القواعد التي سبق أن أشرنا إليها من تحديد نطاق الإشراف، إلى خلق بعض المستويات الإشرافية المتوسطة التي تقوم بمسئوليات عمليات محددة، كما في الشكل التالي:



أما في الشكل التالي فشركة كبيرة تتكون من عدة مصانع في أماكن متفرقة، وكل مصنع يعتبر وحدة إنتاجية كاملة له جميع المقومات. والوضع الأنسب هنا للرقابة أن تكون لا مركزية، وفي هذه الحالة تكون تبعية الرقابة في كل مصنع لمدير المصنع، وهو ما يعبر عنه في الرسوم بالخطوط المتصلة. أما الخطوط المتقطعة فتعبر عن الصلة بين أقسام الرقابة داخل المصانع المتفرقة، وبين مدير الرقابة بالشركة، وهي صلة إشرافية استشارية فنية فقط.



والشكل السابق يعطينا مثلاً واضحاً لشركة بها مستويان من الرقابة: المستوى الأول موجود داخل المصنع، ويتبع مدير المصنع، الذي يعتبر بمثابة أعلى سلطة دخل مصنعه، ومسئول عن كل العمليات التي تجري فيهن سواء كانت إنتاجية أو رقابية. أما المستويات الثاني، فعلى مستوى الشركة – وهو مركزي – ويتبع رئيس مجلس الإدارة أو المدير العام، وتتركز مسئوليته في اختبار وتقييم الإنتاج النهائي *Finished Product* لجميع المصانع، وهو الجهة المسئولة عن السماح بتداول منتجات الشركة في السوق أو رفضها وإرجاعها للمصنع المنتج، وفي بعض الحالات يكون جهاز الرقابة المركزي هو المسئول أيضاً عن تحميل وقبول جميع الخامات اللازمة للمصانع والتصريح باستعمالها.



هذه لمحة سريعة عن بعض أشكال التنظيم الداخلي لإدارات الرقابة على الجودة وعلاقاتها بالشركة، ونود أن نقرر – في هذا الصدد – أن ضمان تحقق درجة عالية من الكفاية في العملية الرقابية لا تقف عند حد وضع هيكل تنظيمي يتفق وظروف وطبيعة العمل بالوحدة فحسب، بل يعتمد بالدرجة الأولى على اختيار الأفراد الأكفاء المتخصصين الذين يشكلون الجهاز القادر الفعال الذي يستطيع أداء المهمة الرقابية على أحسن وجه. والذي يستطيع القضاء على المشكلات، بل ويجنب الشركة بعض الصعوبات الناتجة عن تطبيق الرقابة على الجودة، والذي يستطيع أن يكتشف مصدر الخلل في أسرع وقت حتى يجنب الإنتاج تكلفة العطل أو التوقف، وليس هذا بالأمر الهين، لأن ظهور عيب في المنتج، قد يرجع إلى عدة أسباب. أو عدم كفاءة الآلة، أو خطأ في جهاز القياس المستعمل في عمليات الاختبار، أو سوء تخزين، أو تقصير في عمليات التجهيز أو النقل أو الشحن... إلى آخر هذه الاحتمالات العديدة.

الفصل الثاني

التوحيد القياسي

الفصل الثاني

التوحيد القياسي

1- الإطار العام للتقييس:

تعود أصول التقييس علماً وفناً وتنظيماً إلى فترات زمنية بعيدة في القدم، عندما ظهرت من خلال محاولات الإنسان في إيجاد الوسائل واستخدامها للتعامل. ومع مرور الزمن وتقدم الحضارات ودخول العلم والتكنولوجيا في معظم النشاطات ظهرت الحاجة إلى تطوير هذه القيم والوسائل إلى ما يسمى بالمواصفات والمقاييس، هذا ويعد التقييس أو التوحيد القياسي مصطلحاً مشتقاً من علم القياس (المترولوجيا) وهو حق المعرفة المتعلق بالقياس إذ يساعد الإنسان في التعرف الكمي على العالم المادي الذي يحيط به. وهناك مترولوجيا خاصة بالطول أو الوزن وأخرى بالوقت، ولكن التقسيم الأكثر شيوعاً هو حسب حق التطبيق إلى مترولوجيا عملية أو قانونية أو صناعية.

وحيث أن التقدم التكنولوجي في مجالات الحياة المختلفة وبخاصة في ميدان النشاط الصناعي تتميز بعدد هائل في السلع والخدمات من حيث خصائصها ومميزاتها واستخداماتها، انعكس الأمر مباشرة على كم المعلومات اللازمة لإنتاجها وقبل ذلك وضع تصاميمها، إذ ظهرت الحاجة الماسة إلى القياس الذي يتضمن تحديد المواصفات ناهيك عن تأمين متطلبات السلامة وإيجاد معايير مشتركة لتحقيق التبادلية، وكان ذلك فرصة حقيقية للتوسع في الإنتاج وخفض تكاليفه.

إن هذا الاتساع أدى، سواء في التصاميم أو نطاق تطبيق المواصفات والمقاييس إلى جانب تعاظم دورها في تحقيق الوفورات الاقتصادية وسلامة سير العمليات في مختلفة النشاطات إلى توجيه الاهتمام، إلى دقة المواصفات وحصر أعدادها وتنظيمها بهيئات متخصصة للتقييس والمواصفات الوطنية منها والدولية. وللوقوف على مضمون التقييس فإن قراءة منهجية لتعريف المنظمة الدولية للتوحيد

القياسي – *ISO* – المتضمن أن التقييس هو: "صياغة وتطبيق مجموعة من القواعد والاشتراطات لتنظيم وتوجيه نشاط معين من أجل تحقيق الفائدة لجميع الأطراف المنية مع تعزيز التعاون بينها بهدف تحقيق الحالة المثلى للاقتصاد مع الأخذ بنظر الاعتبار ظروف الأداء ومتطلبات الأمان، يمكننا من تأشير ضرورة اتفاق الأطراف المعنية، لتحقيق هذا المفهوم في التقييس الوطني والتقييس الدولي".

غير أن ذلك قد يختلف في المنشآت الصناعية التي تفضل إعداد المواصفات الخاصة بمنتجاتها والالتزام بتطبيقها، ومما لا شك فيه أن مثل هذه الاختلافات تسبب عدم الوضوح في أهداف التقييس، لكن التطور الكبير للتقييس في جميع المستويات من خلال الإدراك الواسع لقيمة المواصفات جعل المنظمة الدولية للتقييس – *ISO* – تخرج بتعريف آخر للتقييس على أنه "نشاط يعطي حلولاً ذات تطبيق (متكرر) لمشاكل تقع في الغالب في مجالات العلم والتكنولوجيا والاقتصاد ويهدف إلى تحقيق أكبر درجة من النظام في محيط معين، ويتعلق النشاط عادة بعملية إعداد المواصفات وإصدارها وتطبيقها".

إن هذا التعريف ركز على إيجاد أفضل حل لمشكلة متكررة، وبما ، هذه المشكلة المتكررة في المصنع هي إنتاج السلعة، فإن الحل الأفضل لإنتاج السلعة هو المواصفة المصنعية. ويبدو من قراءة تحليلية لكلا التعريفين الاتفاق المبدئي على أن التقييس لا يمكن أن يجري بدون اتفاق الأطراف المعنية، ومن ناحية أخرى فإن التقييس يكون عديم الفائدة بدون تطبيق مواصفات ومقاييس مستنبطة من واقع الصناعة نفسها، واتساقاً مع ذلك تظهر أهمية وجود لغة تفاهم موحدة في مجال العلوم المختلفة والصناعة بشكل خاص الأمر الذي يتطلب تأشير مجموعة الأسس التي أحرزتها نتائج التطورات العلمية والتكنولوجية وانعكاساتها المباشرة على النشاطات الاقتصادية عموماً، ومن هذه الأسس نؤشر ما يأتي:

1- التبسيط:

يهدف التبسيط إلى تخفيض التنوع في النماذج من خلال استبعاد الزائدة منها ودمج مرحلتين أو أكثر من المراحل الإنتاجية وبالاتجاه الذي لا يؤثر على سير العمليات التصنيعية واحتياجات المستهلكين، ويظهر هذا الهدف واضحاً في تعريف المنظمة الدولية للتقييس – *ISO* – بأن التبسيط هو: "اختصار عدد نماذج المنتجات إلى العدد الذي يضمن مواجهة الاحتياجات السائدة في وقت معين".

ويتضح من ذلك أن هناك آثاراً بعيدة المدى لعملية التبسيط على مستوى المنشأة الصناعية أو المستهلك من خلال الفوائد التي تتحقق نتيجة لتطبيقه من تخفيض أنواع المواد الأولية والمخزونة واختصار العمليات التصنيعية فضلاً عن تأثيرها المباشر على التطبيق الكفء لبرامج السيطرة النوعية ضماناً لتوفير منتجات مطابقة للمواصفات المحددة وبأسعار ملائمة.

2- التوحيد:

ويتضمن توحيد مواصفتان أو أكثر لجعلها مواصفة واحدة لغرض جعل المنتجات وأجزائها قابلة للتبادل عند الاستخدام بحيث يمكن القول أن التوحيد يحقق مبدأ التبادلية للسلع المنتجة وأجزائها عند الاستخدام، ومثل هذه الخاصية تعد بالغة الأهمية على مستوى اقتصاد المنشأة من خلال تخفيض تكاليف مراحل التصنيع إضافة إلى تخفيض أوقات التوجيه والمراقبة والمناولة والتخزين للمواد الأولية وقطع الغيار.

3- التوصيف:

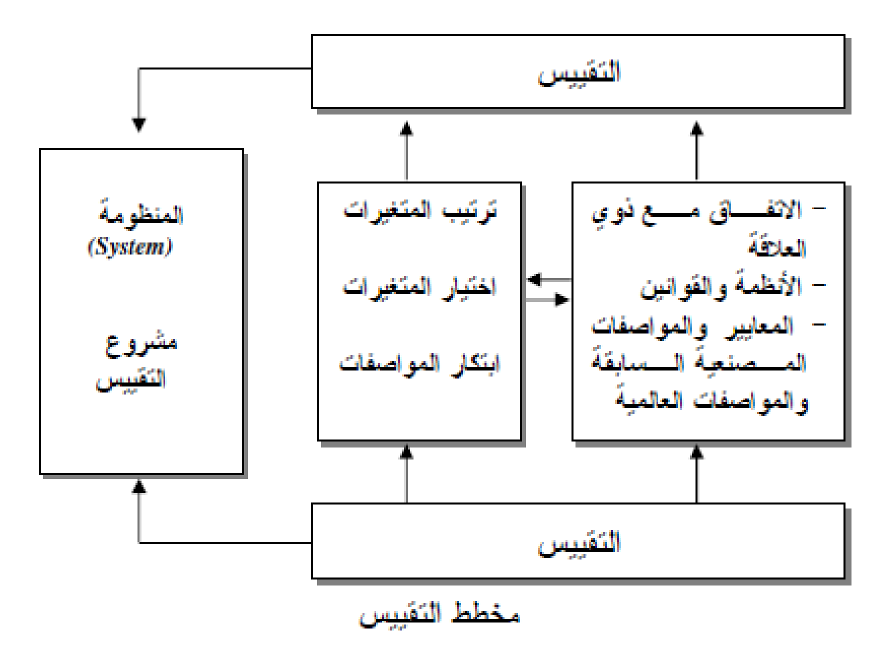
يعرف التوصيف كونه البيان الموجز لمجموعة من المتطلبات التي ينبغي تحقيقها في منتج أو مادة أو عملية ما، مع إيضاح الطريقة التي يمكن بواسطتها التحقق من استيفاء هذه المتطلبات كلما كان ذلك ملائماً، إذ أن تحديد خصائص

المواد والمنتجات والوسائل الكفيلة بتحقيقها يتطلب التعاون مع جميع الجهات المعنية ضماناً لتحقيق المصلحة المشتركة فضلاً عن تنظيم الإنتاج وتمكين المنتجين والمستهلكين من التفاهم بلغة فنية واحدة.

وتأسيساً على ذلك فإن الاستخدام المتكرر للمواصفة القياسية في نطاق المنظومة الواحدة أو مجموعة المنظومات المشابهة، وتوحيد طرق القياس وأبعاده وتبسيطها لتحقيق التبادلية يعطي التقييس مفهوماً حديثاً ذا معنى واسع وأدق من التقييس كمواضيع ظاهرية وكأنها لا علاقة فيما بينها، وصولاً إلى التقييس النظامي، ويتوضح مفهوم التقييس النظامي من خلال تطبيق المواصفات والمقاييس على منظومة معينة بإتباع الخطوات التالية:

- تحديد الهدف من التقييس.
- تعيين مشروع التقييس (المنظومة).
- اختيار المتغيرات.
- الاتفاق مع ذوي العلاقة وتطبيق المواصفة.

فالتقييس يهدف إلى ضمان سير الأعمال بكفاءة لجميع عناصر المنظومة من العاملين والمكائن والمنتجات والمعلومات حيث تتفاعل فيما بينها لتديم سلعة أو خدمة في حدود المواصفات المتفق عليها سلفاً. وقد تختلف المنظومات أو تتشابه في التركيب أو العناصر أو حتى في طريقة أدائها لوظائفها، ليطلق على هذه الاختلافات بالمتغيرات، إلا أن وجود الاختلافات في المنظومات المتشابهة أمر غير مرغوب فيه، ويجب أن تكون هذه الاختلافات محصورة في نطاق مثالي بحيث يمنع حالة عدم الملاءمة غير الضرورية، ليبرز دور التقييس في حصر المتغيرات الزائدة وإزالة العمالية غير الضرورية ثم ابتكار المواصفات للمشكلات المتكررة تمهيداً لتطبيقها على مشروع التقييس، ويوضح لنا الشكل التالي خطوات تطبيق طريقة التقييس على منظومة معينة.

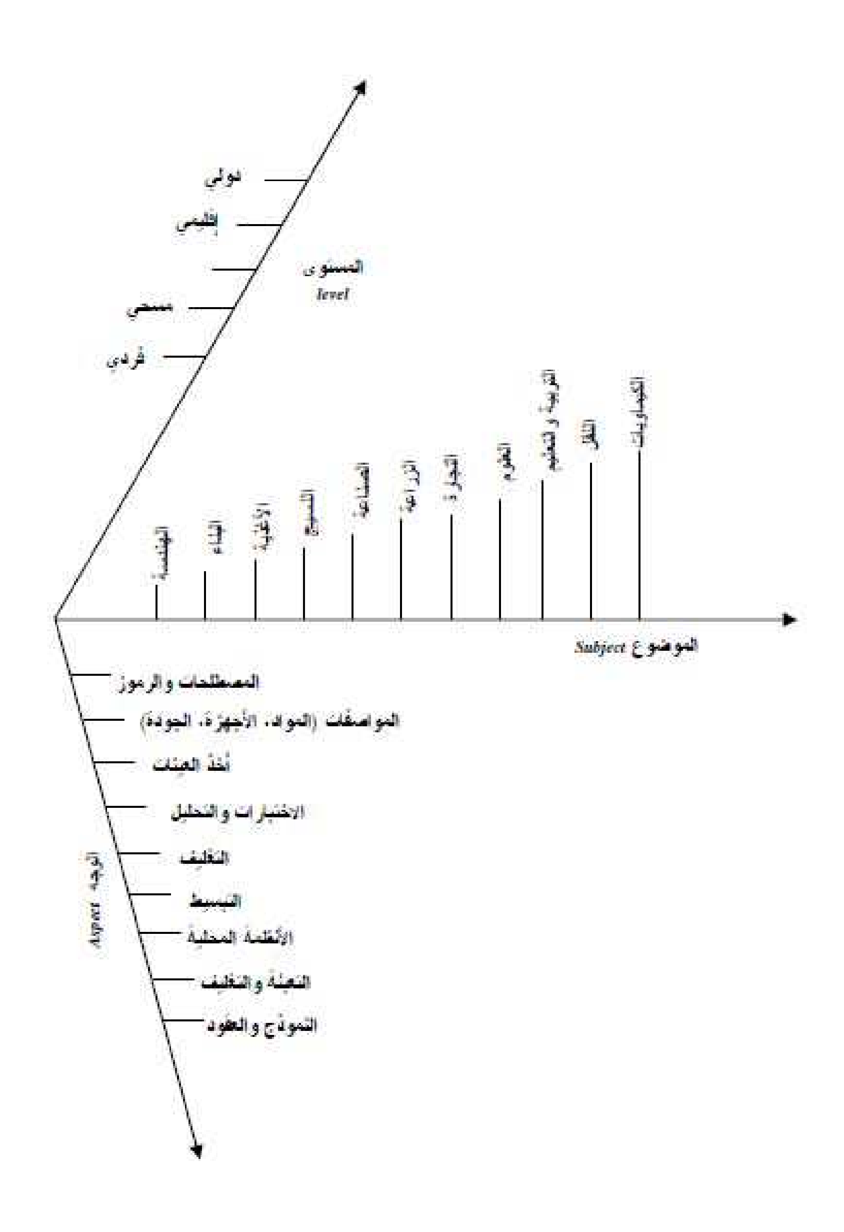


مخطط التقييس

مجالات التقييس وأهدافه:

1- مجالات التقييس:

إن التعرف على مفهوم التقييس وما يتصل بوضع المواصفات القياسية والتي تحدد معايير الجودة وطرق التشغيل لغرض تبسيط وتوحيد أنواعها المختلفة تيسيراً للتبادلية، ييسر الفهم الواضح والدقيق لأهداف نظام التقييس ومجالاته من خلال التعرف على العلاقات المتبادلة بين مختلف الصفات المميزة التي تشغل المحاور المرجعية للفراغ التقييسي (*Standardization Space*) بواسطة الطريقة المبسطة التي ابتكرها الدكتور فيرمان (*Verman*). باعتماده على الأبعاد الثلاثة (الموضوع – الوجه – المستوى) للتقييس.



التمثيل البياني للفراغ التقييسي

1- الموضوعات:

تشمل مواضيع التقييس جميع أوجه النشاطات الاقتصادية والاجتماعية والثقافية للإنسان، ويتفرع كل موضوع رئيسي إلى موضوعات أخرى يكون كل منها ملائماً لتغطية مواصفة قياسية، إذ يتم تقسيم موضوع المواصفة إلى مجموعات متخصصة ثم تحدد مواقعها في مختلف المستويات، وذلك بالاعتماد على عدد المواصفات التي يتم إعدادها أو تعديلها في فترة زمنية معينة آخذين بالاعتبار النمط الاقتصادي السائد في القطر، من حيث مدى إمكانية تجميع عدد من المواضيع الفرعية ذات التخصص الواحد في قسم معين يتبنى مسألة وضع المواصفات والمقاييس.

وبموجب ما تقدم، فإن حصر المهارات المتخصصة بموضوع معين في قسم واحد على المستويين: الوطني أو الدولي سوف يساعد بدون شك، جهة التقييس في إعداد المواصفات القياسية بمستوى أكثر دقة وملائمة لمراحل العمل التي تقوم بها المنشأة الصناعية.

وهنا نؤشر أن ما يحققه التقييس في نطاق مجالاته ومواضيعه يشمل كافة القطاعات الصناعية والزراعية والتجارية والصحية من خلال إعداد المواصفات والمقاييس وتوحيد المصطلحات والرموز وتنظيم العمليات وتبسيطها مع ضمان السلامة والأمان فيها فضلاً عن تيسير التبادل ورواج السلع والخدمات.

وبنفس الاتجاه يضيف (*Meredith*) وآخرون إلى ما حققه التقييس في مجال الصناعة فيؤكدون استخدام المواصفات والمقاييس أدى إلى تبسيط العمليات الإنتاجية فأخذت المصانع تهدف إلى زيادة سعتها الإنتاجية من خلال اعتماد الإنتاج الكبير الذي يعد عماد الصناعة في العصر الحديث، إلى جانب اتباع نظام التجميع الإنتاجي. وتحقيقاً لهذا الهدف فقد تحركت إدارات المصانع باتجاهين هما التقييس

والتبادلية لكل من السلع والأجزاء التركيبية وذلك من أجل خفض التكاليف ومعالجة مشكلات التجميع.

2- الأوجه:

تتباين المواصفات القياسية شكلاً ونوعاً حسب الوجه المتعلق بكل موضوع حيث يعرف وجه التقييس بأنه: "مجموعة المتطلبات المتماثلة والمرتبطة بموضوع المواصفات" فالتعامل مع أكثر من وجه للموضوع الواحد يعد في الكثير من الأحيان من الأمور المرغوب فيها وخاصة في المواصفات الفردية للمواد الأولية أو المنتجات، وينبغي الإشارة هنا إلى أن التحديد الموضح في الشكل السابق لأوجه التقييس ليس التحديد الكامل للأوجه المحتملة التي تغطيها المواصفة، ولكن مع التقدم التكنولوجي سوف تظهر بالتأكيد أوجه أخرى لإضافتها إلى الأوجه المحددة سابقاً.

وفيما يأتي بعض الأوجه المختلفة للتقييس:

1- يحدث في الكثير من الأحيان أن مصطلحا واحداً يحل على عدة أشياء مختلفة، ولا شك أن نتيجة ذلك يؤدي إلى إرباك عمليات التبادل الثقافي والعلمي والتجاري، وحيث أن إدخال الصيغة الموحدة والمنظمة لمعنى المصطلحات والتسميات لأمر في غاية الأهمية.

أما توحيد الرموز فيعد من المسائل الضرورية جداً لما لها من نتائج تتعلق بضمان السلامة والأمان للإنسان ومنها الرموز المستخدمة في الرسوم الهندسية وفي القوانين والمعادلات الكيماوية وعلامات المرور.

2- تعد المواصفات من أحد أنواع المقاييس التي تغطي الاحتياجات من المواد الأولية كمياً ونوعياً مع تحديد الخواص المطلوبة للسلع النهائية بالإضافة إلى توفير الإرشادات الكاملة لمستخدم هذه السلع.

3- ترتبط هذه المواصفات بعلاقة مشتركة مع وجه آخر للتقييس وهو طريقة المعاينة والتفتيش، وقد برزت هذه العلاقة بنسبة أكبر في الفترة التي تم فيها اكتشاف النظريات الإحصائية واستخدامها في هذا الموضوع.

وتتم مقارنة الإنتاج الفعلي بالمواصفات ويتخذ القرار بالرفض أو القبول وذلك بالاعتماد على نتيجة المقارنة سواء أكانت الطريقة المستخدمة هي العينات أم الفحص الشامل.

4- ومن جانب آخر فإن طريقة تحليل نتائج الفحص تعتمد على المواصفات القياسية، ولكن العديد من الحالات تحدث وتتطلب معالجة إضافية بالاعتماد على نتائج الفحص والاختبار من حيث مدى قدرة هذه النتائج في الثبات عند إعادة فحص العينة بطرق مختبرية مختلفة وفئة أخرى من العمال وتسمى هذه الخاصية بإمكانية الاستعادة فضلاً عن التأكد من ثبات النتائج عند إعادة فحص العينة وتحليلها في فترات زمنية مختلفة مع ثبات العوامل الأخرى وتدعي هذه الخاصية بقابلية الإعادة (*Repeatability*) ويتم التأكد من هاتين الخاصيتين باعتماد ما يأتي:

- تدقيق وملاحظة الفحوصات التي تجري على العينات ومدى مطابقتها مع المواصفات المحددة.
- معايرة الأجهزة والمعدات المستخدمة في عمليات الفحص والاختبار بين فترة وأخرى.
- دراسة الظروف الجوية من درجات الحرارة والرطوبة في أثناء عملية الفحص لما لها من تأثير على نتائج التحليل والاختبار ومطابقتها مع المواصفات المقررة.

3- المستويات:

يمثل مستوى التقييس الحال الذي يطبق في نطاق المواصفة، ويتم تحديد المواصفة من قبل المجموعة ذات المصالح المشتركة في المستوى والتي تقوم باستخدام هذه المواصفة في عملياتها، ويمكن تحديد مستويات المواصفة كما يأتي:

1- المستوى الفردي:

يتم وضع المواصفة الفردية بواسطة المستخدمين الفرديين لتلائم احتياجاتهم وتمتاز المواصفة الفردية بأنها غير متكررة حيث يتم إعدادها للحالات الخاصة ومن جانب آخر فإن المواصفة الفردية تعد من أفضل النشاطات التي تكشف الحالات التطبيقية، فضلاً عن أن تركيب الفراغ التقييسي يبقى غير متكامل بدون الاعتماد على المواصفات الفردية.

2- المستوى المصنعي:

تختص المواصفة المصنعية أو التقييس في المصنع بالتعامل مع جميع أوجه النشاطات داخل المصنع، بمعنى آخر: أنها تعد جوهر الأعمال داخل المصنع، حيث تشمل المواصفات الهندسية ومواصفات الإنتاج والمواصفات الإدارية والمالية والرموز والمصطلحات الفنية وتصبح هذه المواصفات معايير لقياس النوعية وضبط الجودة.

وهكذا فإن التقييس المصنعي يتضمن تفصيلات واسعة قد لا يتوفر لها المجال في التقييس الوطني والدولي ونتيجة لذلك نستطيع القول أ، المواصفة المصنعية تعد القاعدة الأساسية التي تنبثق منها المواصفات الوطنية.

3- المستوى الوطني:

تعد وتصدر المواصفة من قبل الجهة المركزية المسئولة عن التقييس بعد استشارة جميع الأطراف المعنية داخل القطر لتحقيق أعظم منفعة مشتركة على مستوى الاقتصاد الوطني.

4- المستوى الإقليمي:

تصدر في هذا المستوى مواصفات يقوم بوضعها مجموعة من الأقاليم لأقطار تربطها مصالح مشتركة اقتصادية واجتماعية وثقافية.

5- المستوى الدولي:

وتتسم المواصفة في المستوى الدولي بأنها قائمة بين دول مستقلة ذات مصالح مشتركة.

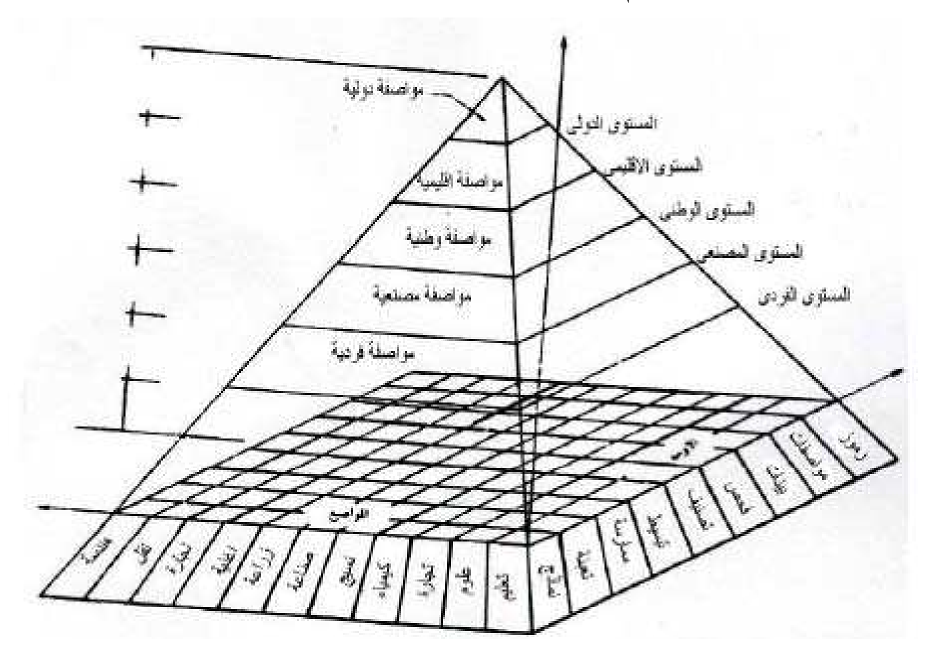
واتساقاً مع ما تقدم، يمكن القول أن صعوبة إعداد وإصدار المواصفات تتغير بتغير مستوى المواصفة، ومما لا شك فيه أن المواصفات والتوصيات الدولية تحتاج إلى وقت وجهد أكثر لإصدارها من المواصفات الوطنية والمواصفات المصنعية. ويرجع ذلك إلى اتساع نطاق استخدام المواصفة، فكلما استعن طاق المواصفة تعددت المتطلبات والمتغيرات الواجب أخذها بنظر الاعتبار عند إعداد المواصفة ووضعها موضع التطبيق.

ويوضح لنا الشكل التالي الخاصية ثلاثية الأبعاد للمواصفات، حيث يمكن تعيين أي مواصفة بنقطة منفردة في هذا الشكل البياني، مع ملاحظة أن المواصفات يجب أن تمثل بأكثر من نقطة إذا كانت تعالج أكثر من موضوع واحد أو وجهة واحد وذلك في حال تبنيها على أكثر من مستوى واحد.

ويشير فيرمان (*Verman*) بهذا الصدد إلى أن الضرورة تقتضي إضافة بعد رابع إذا ما أريد وضع نقطة منفردة، تجمع بين المواصفات العالمية في هذا الرسم البياني. إلا أن المواصفة الدولية لا تحتاج إلى هذا البعد، ذلك لأنه لا يمكن أن يكون هناك أكثر من مواصفة دولية واحدة لموضوع واحد محدد (نقطة على محور السينات) ولوجه محدد لذلك الموضوع (نقطة على محور الصادات). في حين يتطلب البعد الرابع لتعيين نقطة على المستوى (س- ص) لتمثل عدداً من

المواصفات الوطنية، وتكون مساوية لعدد الدولة المشتركة بها، وبالمثل فإن هذا البعد والذي تختص فيه كل نقطة بـم صنع أو فرد مطلوب في حالة تعدد المصانع والأفراد. وقد قام ريبنسام (*Riebensahm*) بمحاولة لرسم هذه التعددية الهرمية من النقاط بشكل بياني في الفراغ التقييسي الذي يوضح في الشكل التالي.

وهناك صفة أخرى للمواصفة القياسية نادراً ما تعد بعداً خامساً للفراغ التقييسي إلا وهي قابلية تطبيق المواصفة فيما يتعلق بالزمن حيث أن أية مواصفة يجب أن تعد مواصفة نهائية جاهزة للتطبيق عندما يتم وضعها للمرة الأولى.



التعددية الهرمية للنقاط في الفراغ التقييسي

أهداف التقييسي *Standardization Objectives*:

يعد التقييس بحكم أهدافه وما يحمله من صفات مميزة ملازماً لفعاليات الإنسان كافة ومستلزمات حياته اليومية، إذ أن المردودات الإيجابية والمتحققة من تطبيق المواصفات لا تنحصر في اقتصاد المنشأة وحده بل يتعدى ذلك ليشمل الاقتصاد الوطني من خلال تأثير التبسيط على نمو التعامل بين الأفراد وتيسير عمليات التبادل وحصول المستهلك على ما يرغبه نوعاً وكماً في الوقت المناسب، وبناء على ذلك لا يمكن الفصل بشكل قاطع بين الأهداف المختلفة للتقييس ما دامت متداخلة بحيث تعتمد الواحدة على الأخرى، فمن الصعوبة الاختيار بين الحل الاقتصادي الأمثل والوفاء باحتياجات المستهلكين وتلبية رغباتهم المطورة باستمرار، لذا فإن الضرورة تقتضي التمييز بين أهداف التقييس وأسسه من جهة والآثار الإيجابية الناتجة من ممارسة هذا النشاط من جهة أخرى.

إن ما حدده فيرمان من أهداف التقييس يعد بمثابة قاعدة الارتكاز التي انطلقت منها الاهتمامات المعاصرة في هذا الموضوع البالغ الأهمية، ومن هذه الأهداف ما يأتي:

1- تحقيق الاقتصاد المتكامل من خلال الوفورات الاقتصادية الناتجة من الاستغلال الأمثل للموارد المتاحة والتوفير في التكاليف الإنتاجية.

2- ضمان أفضل ملاءمة للسلعة عند الاستعمال، ويقود هذا الهدف إلى التبسيط وقابلية تبادلا لأجزاء، ومن إحدى نتائجه زيادة الإنتاجية.

3- تبني أفضل الحلول الممكنة لتجنب المشكلات مع الأخذ بنظر الاعتبار أحدث الأساليب العلمية والتكنولوجية في هذا المجال.

4- تحديد المستويات النوعية الأساسية منها والمطلوبة، الأمر الذي يتطلب إتباع إجراءات الفحص والاختبار لتقويم مستويات النوعية للمنتجات.

إلا إن أهداف التقييس التي أوردتها المنظمة الدولية للتقييس *ISO* امتازت بالشمولية لتغطي جميع المجالات التي تستفاد من تطبق التقييس حيث أشارت:

1- خفض التكاليف:

يحقق التقييس وفورات اقتصادية كبيرة في متطلبات العملية الإنتاجية، حيث يؤدي كل من التبسيط والتوحيد إلى تقليل الاستثمارات في الآلات والمكائن إضافة إلى تخفيض أنواع المواد والخامات المستخدمة مما يؤدي إلى تقليل المساحة المخزنية المطلوبة وزيادة كفاءة استغلالها. ومن جانب آخر فإن الالتزام بتصميم المنتجات ضمن المواصفات المقررة يؤدي إلى تقليل كمية الهدر والمرفوضات نتيجة لضبط جودة الإنتاج. وعليه، يعد خفض التكاليف مسألة مؤكدة التحقيق في ظل تنفيذ أسس التقييس.

2- زيادة الكفاءة الإنتاجية:

يساهم التقييس مساهمة فعالة في زيادة الكفاءة الإنتاجية، فالاقتصار على عدد محدود من التصاميم والنماذج يؤدي بدون شك إلى طول فترة تشغيل الآلات والمكائن، وهذا بدوره يؤدي إلى زيادة إنتاجيتها، ومن جهة أخرى فإن تخفيض عدد العمليات الصناعية يفضي إلى زيادة كفاءة العاملين والآلات على حد سواء ناهيك عن ما يتحقق من الالتزام بالمواصفات من تخفيض في نسبة المرفوضات والتلف من المنتجات، أي زيادة استغلال المواد الأولية وتعظي المخرجات الصالحة للاستخدام.

3- تحسين نوعية الإنتاج:

يوفر التقييس المبرمج الأسس المتينة التي تراعي الدقة التامة في اختيار أنسب المواد الأولية، مع تثبيت أكثر العمليات الصناعية ملاءمة وتحديد طرق الفحص والاختبار، فضلاً عن توفير الظروف الملائمة التي تؤدي إلى تحقيق

منتجات بنفس مستوى النوعية المطلوبة. ومن جانب آخر فإن التركيز على تطوير تصاميم المنتجات لغرض تبسيطها وتقليل تنوعها يقود - بدون شك - إلى زيادة خبرة العاملين ومهارتهم مما يؤدي إلى تحسين نوعيتها.

هذا وأن مسألة تحسين جودة الإنتاج تساهم مساهمة فعالة في النقل الكفء للتكنولوجيا من خلال إمكانية توفير الأجهزة المختبرية الدقيقة التي لم تستطع المنشأة أن تحصل عليها في حالة صغر حجم الإنتاج. وذلك لارتفاع ثمنها مقارنة بالوفورات المتحققة عن استخدامها.

4- تحقيق المنفعة للمستهلك والمجتمع:

تعد حامية منفعة المستهلك من أهداف التقييس ذات الأهمية الكبرى، ومن الواضح أن المنشأة الصناعية تأخذ بنظر الاعتبار آراء المستهلكين فضلاً عن متغيرات البيئة المحيطة بالمنشأة لغرض تحديد الخصائص النوعية لمنتجاتها، ثم إعداد المواصفات بناء على تحقيق أكبر منفعة للمستهلك والمجتمع.

ويمكن القول أن خير دليل على الأهمية المتزايدة لحماية منفعة المستهلك تبنى نظام إصدار شهادة المطابقة للمواصفات في الكثير من دول العالم بتزايد مستمر، حيث يتم في هذا النظام تأييد مطابقة المنتجات للمواصفة المحددة بشهادة من هيئة التقييس الوطني.

وتأسيساً على ما سبق نرى إن هذا الدور المهم للمواصفات في تحقيق أهداف التقييس لجميع الأطراف ذات العلاقة يبرر الحاجة الملحة إلى تفوير المواصفات خاصة وأنه ليس هناك مواصفات في العديد من المجالات في الوقت الحاضر، وتزداد هذه الحاجة عملياً من تطور التكنولوجيا المستخدمة وبروز الآثار الإيجابية الناشئة عن الالتزام بالمواصفات.

المواصفات:

يتطلب لتطبيق الفعال لنظام التقييس في المنشآت الصناعية في بادئ الأمر تحديد المواصفات القياسية أو المصنعية المطلوبة، والتي تعدالأداة العلمية للإدارة في التخطيط الدقيق للعمليات الإنتاجية والسيطرة عليها. ومن خلال المواصفات تتمكن المنشأة من تثبيت الخصائص النوعية للمواد الأولية وللعمليات التكنولوجية الملائمة. فضلاً عن تحديد طرق الفحص والاختبار والنشاطات كافة ابتداءاً بالمواد الأولية وفي أثناء عمليات الخزن والتسويق، وإلى جانب المساهمة الفعالة في مسيرة تطور الإنتج من خلال تنظيم وتنسيق جميع الفعاليات والنشاطات التي تقوم بها المنشأة. ولغرض دراسة المواصفات بشئ من التفصيل أرى التركيز على العناصر الآتية:

1- الإطار العام للمواصفات:

تولى العديد من المصادر والأبحاث مفهوم المواصفة وتعريفها اهتماماً مركزاً لما ينشأ عن التعريف من مدلولات ذات تأثيرات واضحة في مجالات استخدامها، فقد عرفت المنظمة الدولية للتقييس *ISO* المواصفات كونها عرضاً موجزاً لمجموعة من المتطلبات التي ينبغي أن تتحقق في منتج أو مادة أو عملية ما فيما إذا كان هناك أسلوب يحقق الإيفاء بهذه المتطلبات ويجعل العملية ممكنة. ويؤشر ركز (*Riggs*) أن المواصفة تمثل: "المعايير الجوهرية التي تستخدم في قياس النوعية والأداء، وتوضع من قبل المستهلكين بالموافقة أو بقرار من هيئة متخصصة وتستخدم كأساس للمقارنة خلال فترة زمنية معينة". ويتضح لنا من هذا التعريف التركيز على أهمية المواصفات باعتبارها الأساس في تقويم أداء الكثير من الفعاليات للحكم على كفاءتها وفاعليتها إضافة إلى أهمية آراء المستهلكين في إعداد المواصفات وتثبيت الخصائص النوعية للمنتجات النهائية.

إلا أن الدكتور "العلي" يؤكد أن المقصود بالمواصفات هـو تحديـد نوعيـة المـواد ودقـة القياسات التي تحدد عادة خلال مرحلة إعداد التصاميم التي تؤثر كذلك على على العمليـات الإنتاجية اللاحقة المستندة إلى مميزات الناشطات الإنتاجية الفعالة وخصائصها. ويتبين لنا من هذا التعريف أن هناك علاقة متداخلة بين نشـاط التصـميم والنشـاطات الإنتاجيـة المختلفـة التي تعد العامل الأساسي في تحديد النوعية المطلوبـة للسـلع المنتجـة، في الوقـت الـذي يعـد تحديد النوعية المطلوبة من أهم المسئوليات الرئيسة لإدارة الإنتاج. وبرأينا فـإن المواصـفة في إطار المنشأة الصناعية لأغراض الدراسـة النمهجيـة يمكـن أن تعـرف بأنهـا مجموعـة القواعـد والشروط الفنيـة التـي توضـع بالاتفـاق مـع الإدارات والأقسـام ذات العلاقـة داخـل المنشـأة وبالاعتماد على نتائج دراسات السوق والخبرات المتراكمة في حدود التكنولوجيا الفنية المتاحة، بهدف تحقيق أفضل كفاءة وفاعلية للنشاطات المختلفة للمنشأة.

2- إعداد المواصفات:

إن الهدف الأساسي من إعداد المواصفة هو تثبيت نوعية المنتجات النهائيـة، ولتحقيـق هذا الهدف يتطلب الأمر تحليل الظروف والإمكانات التي لها علاقـة بالعمـل التقيـيسي قبـل البدء بتحديد التصميم الهندسي والعمليات الإنتاجية ونوعية المواد الأولية اللازمـة فضـلاً عـن اختيار نقاط الفحص والسيطرة.

ومن المفيد أن نشير هنا إلى أن توفير هذه المتطلبات لـيس مسـئولية قسـم معـين بـل تتوزع بين معظم الأقسام داخل المنشأة الصناعية الأمر الذي يتطلب مشاركة جميـع الأقسـام ذات العلاقة لكي تكون المواصفة أكثر ملاءمة للظروف المختلفة. وعملياً فإن إعداد المواصفات تعد الخطوة الأساس في تصميم النظام المتكامل للسيطرة النوعية، وعليـه يتحـتم عـلى الإدارة ذات العلاقة اتخاذ جملة من الإجـراءات الضروريـة لتحديـد المواصـفات والمقـاييس النوعيـة لمنتجاتها، ثم تحويل هذه المواصفات فنية بالتعاون مع الدائرة الفنية في المنشأة الصناعية.

ويرى كابلن (*Caplin*) "أن مسئولية إعداد المواصفة المصنعية تقع على عاتق قسم هندسة الإنتاج بالتضامن مع أقسام التسويق والتكاليف والسيطرة على الإنتاج، أخذين بنظر الاعتبار ما يأتي:

1- إرضاء المستهلك.

2- أن تكون المواصفات ضمن إمكانيات المنشأة المادية والبشرية في حدود التكاليف المقبولة.

3- أن تكون المواصفات ضمن الجدول الزمني المطلوب.

ويؤكد أيضاً أن هذه المواصفات لها حدود تفاوت تحددها المنشأة بالاعتماد على نوعية المواد الأولية والآلات والظروف التشغيلية إلى جانب المتغيرات الواقعة خارج نطاق سيطرتها أو بعبارة أخرى المتغيرات التي تتطلب السيطرة عليها تكاليف عالية.

ومن المناسب هنا الإشارة إلى أن المواصفات تتأثر بالبيئة المحيطة بها، فالتغيرات التي تطرأ على النشاطات الصناعية والتجارية تتطلب تحديث المواصفات من خلال إصدار تعديلات دورية عليها. ويشير فيرمان (*Verman*) إلى مجموعة من العوامل تجعل من التعديلات ضرورة، فيذكر:

1- التغيرات المتعلقة بالمواد الأولية، وتشمل:

- نقص المواد الأولية وصعوبة الحصول عليها بسبب ندرتها أو زيادة تكاليفها.
- اكتشاف مواد أولية جديدة صناعية كانت أم طبيعية.

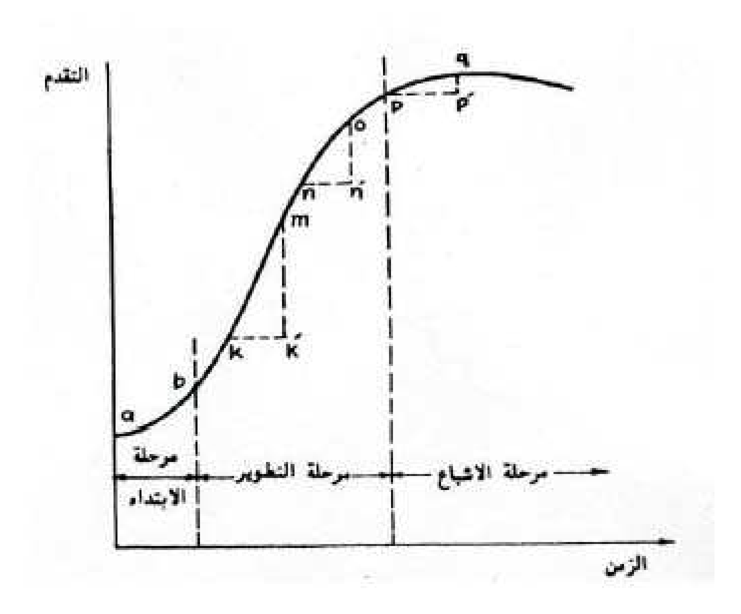
2- طلب المستهلكين لنوعيات جديدة نتيجة التغيرات الحاصلة في أذواقهم واحتياجاتهم.

3- التطورات التكنولوجية في عمليات التصنيع وأساليب العمل الذي يؤدي إلى تحسين نوعية المنتجات.

4- التقـدم العلمـي الـذي يسـمح بالحصـول عـلى مواصـفة أدقـة أو تعـديل المواصـفة المعتمدة.

وعليـه، فـإن عمليـة التقيـيس تواجـه مشـكلات صـعبة في حالـة تطـوير المنتجـات فالاكتشافات تسير ببطء حيث تبدأ ببداية ضعيفة وتنمو تدريجياً نحو التطور في ظل تأثيرات مختلفة. ويعد هذا التطور دالة للزمن يتضح بيانياً بواسـطة منحنـى التقـدم والـزمن الشـكل التالي الذي يوضح دورة حياة المنتج وعملية وضع المواصفة:

- مرحلة الابتداء - مرحلة التطوير - مرحلة الإشباع



منحنى التقدم والزمن للمواصفات

إن إدخال التقييس في أية نقطة على المنحنى سـيؤدي إلى اسـتقرار المواصـفة لفترة زمنية مؤقتة ضمن الظروف المحيطة، فالبدء بـالتقييس في نقطـة (K) يعنـي أن هناك ميلاً إلى الاستقرار والثبات في المستوى (K K)، ويلاحظ خلال هذه الفـترة

أن التقدم الحاصل على المواصفة كان بمقدار ($\bar{km}$)، ونظراً لأن التقديم الحاصل على المنحنى يقل تدريجياً فإن أية مواصفة توضع بعد هذه النقطة سكون قابلة للثبات لفترة زمنية أطول. لذا فإن مقدار التقدم ($\bar{pq}$) في مرحلة الإشباع هو أقل من مقدار التقدم (no) في مرحلة التطوير، ولذلك فإن أية مواصفة توضع في فترة الإشباع تمتاز بالثبات لفترة زمنية أكثر طولاً.

بالإضافة إلى ما تقدم يتبين لنا من الشكل السابق إن هناك ثلاثة مبادئ أساسية للتقييس الصناعي، وهي:

1- لا يمكن وضع مواصفات فعالة قبل مرحلة الإشباع في دورة حياة المنتج، وفي حالة وضع المواصفات في المراحل المبكرة يتطلب تعديلها لتساير التقدم.

2- التقييس يقاوم التقدم من خلال محاولاته الثبات والاستقرار في أي مستوى يوجد فيه خلال فترة زمنية معينة.

3- نظراً لأن المواصفات يجب أن تعدل لتساير التقدم فمن الضروري تبني برامج ملائمة متضمنة المواصفات المرنة والقابلة للتطور.

ويأتي تأكيد رايمان (*Raman*) لمحتوى السياقات الأنف ذكرها حيث يؤشر بأن تطبيق المواصفات بكفاءة يتطلب مرورها بثلاث مراحل وهي:

- تقويم المواصفات الحالية.
- الثبات على المواصفة لفترة معينة.
- تطوير المواصفات.

ويتم تقويم المواصفات من خلال الدراسة العملية لواقع تطبيقها مع ضرورة توافر المستوى الصحيح للتطبيق والثبات على المواصفة لفترة زمنية معينة في حالة ملاءمة المواصفة لظرف التشغيل، في حين يتطلب الموقف تعديلها عند عدم ملاءمتها مع نتائج التقويم ولجعلها أكثر اقتصادية وملاءمة لواقع تطبيقها.

لذا فإن عملية تقويم المواصفات تعد من المسائل البالغة الأهمية التي يجب تأكيـدها بهدف كشف مواضع الخلل و الإخفاق في صياغة المواصفة أو في تطبيقها.

3- تصنيف المواصفات:

تعددت الأسس المعتمـدة في تصـنيف المواصـفات بـين البحـوث والدراسـات المتعلقـة بنشـاطات التقيـيس، ويعـزي هـذا التبـاين إلى اسـتخدام المواصـفات عـلى نطـاق واسـع في المستويات المختلفة.

فقد صنفها جوران *Juran* إلى:

1- مواصفات وظيفية:

وتشمل مجموعة المتطلبات التي يستلزم توفرها لضـمان أداء السـلعة بأمـان في أثنـاء الاستعمال.

2- مواصفات غير وظيفية

أما ريكز *Riggs* فيصنف المواصفات إلى:

1- مواصفات فنية.
2- مواصفات تشغيلية.

فالمواصـفة الفنيـة تحـدد خصـائص السـلعة المـراد إنتاجهـا ووصـف شـكلها وتركيبهـا والوظائف التي ستؤديها فضلاً عن تحديد الأسـاليب الممكـن إتباعهـا في العمليـات الإنتاجيـة، حيث إن المواصفة الفنية تتعلق بالعناصر الهندسية، أما المواصفة التشغيلية فتتعلق بالعناصر البشرية مع تحديد مجموعة الإجراءات الخاصة بالعاملين داخل المنشأة الصناعية.

أما المنظمة الدولية للتقييس – *ISO* – فقد تناولت موضوع تصنيف المواصـفات عـلى نطاق واسع من حيث المستويات الدوليـة والإقليميـة والوطنيـة فضـلاً عـن مسـتوى المنشـأة الصناعية والمواضيع الأساس التي تحتاج المنشأة إلى استخدام المواصفات فيها، وهي:

1- المواصفات القياسية:

وتعرف بأنها: وثيقة متاحة للجميع ومصوغة بالتعاون والاتفاق من قبل جميع ذوي المصالح المتأثرة بها، وتستند إلى النتائج الثابتة للعلم والتقنية والخبرة، وتهدف إلى تحقيق المصلحة العامة المثلى، إلى جانب إقرارها من هيئة وطنية للتقييس.

أما عند خروج المواصفة عن التعريف السابق إلى حالة لا تتسم بالمسئولية المطلقة فهي تختص بمعالجة حالة معينة داخل المنشأة الصناعية تدعي في هذه الحالة بالمواصفة المصنعية.

2- مواصفة المنتج:

وتحدد هذه المواصفة المتطلبات الأساسية التي يجب توافرها في المنتجات لتصبح ملائمة للاستعمال، حيث تشمل جميع المصطلحات الخاصة بعمليات الرقابة التي تشمل أسلوب أخذ العينات وطرق الاختبار والفحص والتغليف، أما في حالة احتواء المواصفة على شروط التشغيل فتسمى المواصفة (بدستور الممارسة).

وفي خضم هذه الاجتهادات التنظرية والعملية تصنف المواصفات أخذين في الاعتبار ملاءمتها واتساقها مع عناصر الرقابة النوعية في المنشأة إلى:

1- مواصفات المواد الأولية والظروف اللازمة للاحتفاظ بها لحين دخولها العملية الإنتاجية.
2- مواصفات التصميم والتنفيذ للسلعة المنتجة مع تحديد حدود التفاوت المسموح بها.
3- مواصفات العمليات التصنيعية.
4- مواصفات الجودة، وتشمل الخصائص الطبيعية والميكانيكية للمواد والمنتجات وخلال العمليات التصنيعية والأساليب المستخدمة في الإنتاج، مع تحديد نسبة التلف المسموح به وتثبيت درجات الحرارة والرطوبة الملائمة لسير العمليات الإنتاجية حسب نوع السلعة وطبيعة الصناعة.

5- المواصفات الخاصة بطرق الفحص والاختبار، تشمل طرقة أخذ العينات وحجم العينة وعدد القراءات والأساليب المستخدمة في القياس والتحليل لتصبح أساساً للمقارنة.

6- مواصفات الخصائص النوعية للمنتجات النهائية بما فيها من مستويات الجودة وخواص التغليف والتسويق فضلاً عن الخصائص الاعتيادية للمنتجات عند الاستعمال النهائي.

4- الأبعاد الاقتصادية للمواصفات:

يتضح لنا مما سبق أن الأهداف الأساسية للمواصفات والتقييس تكمن في تحقيق اقتصاد متكامل للمنظومة التي تعتمده. لذا، فإن المواصفة المصنعية تصمم على أساس تحقيق اقتصاد متكامل للمنشأة الصناعية من خلال التنسيق بين جهود مختلف الإدارات والأقسام لتعمل وحدة متكاملة.

ويتجسد تأثير المواصفات في المنشأة على زيادة إنتاجيتها وما ينتج عنها من زيادة في أرباحها من خلال المحاولات المستمرة التي تقوم بها إدارات المنشآت الصناعية ولتطبيق الحلول والنماذج الرياضية التي تهدف إلى تخفيض تكاليف الإنتاج وتقليل التنوع.

أما على المستوى الوطني فإن التقييس وإعداد المواصفات يهدف إلى تغطية التأثيرات الاقتصادية على كافة المنشآت والنشاطات الاقتصادية داخل القطر. حيث يتم في هذا المستوى تنسيق وتكامل متطلبات المنشآت الصناعية كافة لإعداد المواصفات الوطنية الهادفة وسيلة فعالة لترشيد وتنمية الصناعة الوطنية والمساهمة في تطوير الاقتصاد الوطني.

ومما لا شك فيه أن الحالة تصبح أكثر تعقيداً في حالة احتساب التأثيرات الاقتصادية للتقييس على مستوى المواصفة الدولية، وذلك لصعوبة الحصول على

اتفاق بين مجموعة الدول التابعة للجهة التي تصدر المواصفة. فضلاً عن اختلاف تلك التأثيرات لنفس المواصفة من دولة إلى أخرى بسبب اختلاف الظروف الاقتصادية والاجتماعية والثقافية للدول.

ومن جانب آخر، فإن الغرض الرئيسي للتقييس والمواصفات على المستوى الدولي هو تشجيع التدفق غير المقيد للسلع والخدمات بين الدول، مع تحقيق التعاون الفعال بين المشاريع الصناعية لغرض تبادل الخبرات العلمية والتكنولوجيا وتطبيق الحلول والنماذج الكفئة في حل المشكلات التي تواجهه.

واستكمالاً لمفهوم التأثيرات الاقتصادية للمواصفات، فإن تطبيق المواصفة القياسية منها أو المصنعية يكون ذات تأثير مباشر على المستهلكين والمنشأة الصناعية وأن التعرف على هذه التأثيرات للاستفادة منها مسألة ذات أهمية كبيرة.

ومن الجدير الإشارة إلى أنه على الرغم من وجود العديد من الدراسات في مجال التقييم الكمي للفوائد الناجمة من تطبيق مواصفة معينة، فإن جميع تلك المحاولات المحصرت في مجال المواصفة المصنعية، وذلك لسعة حجم النشاطات التي تغطيها المواصفة الوطنية والمواصفة الدولية، فضلاً عن صعوبة الحصول على البيانات الخاصة بتلك النشاطات التي تعد الأساس في عملية التقويم.

وتأسيساً على ذلك، فإن عملية تقويم تأثيرات التقييس استأثرت اهتمامات الباحثين والمختصين في علم القياس، لما لها من أهمية في تطوير المجالات التي تطبق فيها نشاطات التقييس والمواصفات لذا، فقد أصبح التقويم إحدى الوسائل التي تلجأ إليها المنشآت الصناعية لتخفيض تكالي فمنتجاتها فضلاً عن مواكبة التطورات التي تحدث في مجال نشاطتها.

وانطلاقاً من هذه الأهمية التي تحتلها عملية التقويم لابد من الأخذ بنظر الاعتبار مجموعة من العوامل التي تؤثر على كفاءة هذه العملية، ومنها:

1- اختيار الحالة:

تعتمـد دقـة نتـائج تقـويم التـأثيرات الاقتصـادية وصـحتها أساسـاً في اختيـار الحالـة الأساسية، فإذا كان التقييس يقلل من تنوع الأصناف أمكن القول أن تقليـل التنـوع في الكثـير مـن الأحيـان يـؤدي إلى إحـداث تغيـيرات في المـواد الأوليـة أو في العمليـات التصـنيعية أو في الكمية المنتجة. وتستلزم الحالة دراسة هذه التغييرات وتحليل نتائجها للتعرف على المتغيرات ذات العلاقة بعملية التقييس واستبعاد تلك التي ليس لها علاقة بها.

2- المنافع:

للمواصفة تأثيرات اقتصادية على جهات متعددة ويتطلب عند تقويم هـذه التـأثيرات تحديد مصالح تلـك الجهـات ومـدى التـأثير عليهـا، فقـد يـؤدي تخفـيض التنـوع إلى تحقيـق وفورات اقتصادية للمنشأة الصناعية، الأمر الذي يتفق مع رغبات بعض المستهلكين لانعكاسه على مستويات الأسعار، في الوقت الذي يؤدي استخدام مواد أولية ذات خصائص نوعيـة غـير جيدة أو التغيير في شكل المنتج إلى عـدم تحقيـق رغبـات ومصـالح فئـات معينـة أخـرى مـن المستهلكين. فلكي يحقق التقييس وفورات ملائمة للجهات المعنية به تتطلـب عمليـة التقـويم لهذه الوفورات تحديد المنافع العائدة على تلك الجهات لاختيار أنسب البدائل.

3- توفير البيانات:

يعد توفير البيانات من المسائل بالغة الأهمية لإجراء عمليـة التقـويم حيـث أن هنـاك الكثير من الحالات التي تكون فيها التأثيرات الاقتصـادية للمواصـفة واضـحة ومحـددة ولكـن البيانات غير متوفرة وفقاً لهـذا التحديـد. وفي أحيـان أخـرى يمكـن الحصـول عـلى المعلومـات الضرورية، غير أن ذلك يتطلب مبالغ كبيرة مما يجعل عملية التقويم غـير اقتصـادية ولعامـل الوقت أهميتـه لبيـان مـا إذا كانـت هـذه النتـائج لا تـزال ذات فائـدة في حسـاب التـأثيرات الاقتصادية أو أنها لا فائدة فيها.

يتضح فيما سبق أن التأثيرات الاقتصادية قد أثارت مسألة تقويم المنافع المتحققة من تطبق المواصفات، الأمر الذي يؤكد ضرورة تقويم الفوائد الناجمة من تطبيق المواصفات والالتزام بها في المنشأة الصناعية، حيث تعد هذه الخطوة بالغة الأهمية في الوصول بمنتجات المنشأة إلى مستوى من النوعية المستهدفة ناهيك من إمكانية تخفيض تكاليفها عن طريق الاستغلال الكفء لعناصر العملية الإنتاجية.

الفصل الثالث

الإطار العام للعملية الرقابية

الفصل الثالث

الإطار العام للعملية الرقابية

أولاً: مفهوم الرقابة:

تعتبر الرقابة إحدى الوظائف المتداخلة في نطاق العملية الإدارية وهي إحدى وظائف المدير الذي يستطيع عن طريق ممارستها أن يتعرف على ما إذا كان العمل الذي تم قد تحقق فعلاً طبقاً للخطة الموضوعة وعلى هذا الأساس فإن الوظيفة الإدارية للرقابة هي التعرف على مدى كفاءة المرؤوسين في أدائهم عن طريق قياس هذه الأعمال.. وهذا القياس يمكننا من التعرف على أي انحراف عن الخطة الموضوعة الأمر الذي يدفع المدير على ممارسة وظيفة التوجيه حتى يمكن أن تتعرف القوى العاملة على الأساليب الصحيحة لأداء الأعمال، وبذلك يمكنها أن تحقق أهداف الخطة الموضوعة.. وهكذا نجد أن الرقابة وظيفة إدارية متداخلة مع الوظائف الإدارية الأخرى "ويعرفها" كونتز واود ونل" على أنها "الوظيفة الإدارية للرقابة هي قياس وتصحيح أساليب الأداء للمرؤوسين من أجل التأكد من أن أهداف المشروع وخططه التي وضعت لتحقيق هذه الأهداف قد أنجزت.. وعلى هذا فإن هذه الوظيفة تعتبر وظيفة كل مدير.. ابتداء من المدير إلى رئيس العمال.. عليهم أن يتأكدوا من أن ما تم إنجازه. هو فعلاً مطابق للسابق تقريره.. وعلى أي حال.. فإن أفضل أنواع الرقابة الإدارية هي تلك التي تصحح الانحرافات عن الخطط قبل وقوعها".

ويعرف "هايمان وهيلجرت" الرقابة "تتضمن الوظيفة الإدارية للرقابة مختلف أوجه النشاط اللازم للتأكد من أن الأهداف قد تحققت وفقاً للخطة الموضوعة... والرقابة تعني تقرير ما إذا كانت الخطط قد نفذت.. ما إذا كان هناك تقدم نحو تحقيق الأهداف.. والتصرف – إذا كان ذلك ضرورياً – لتصحيح الانحرافات والأخطاء". فالرقابة إذن وظيفة متداخلة في أوجه النشاط الإداري في المشروع، وهي غالباً لا تتصرف إلى الماضي، إلا بالقدر الذي يراه المدير لازماً للتعرف على أخطاء الماضي.

وذلك لتجنب هذه الأخطاء عند الممارسة وعند السعي نحو تحقيق الأهداف.. وفي ممارسته لوظيفة الرقابة يحتاج المدير إلى وجود معايير تحدد المستوى الذي يجب أن يكون عليه الأداء وفي نفس الوقت من الضروري توافر معلومات عن المستوى الفعلي للأداء. الأمر الذي يتطلب القيام بعملية قياس الأداء والنتائج المحققة. وبمقارنة الأداء أو النتائج الفعلية بالمعايير الموضوعة يمكن تحديد ما إذا كانت هناك انحرافات الأمر الذي يتطلب تحليل هذه الانحرافات من أجل التعرف على أسبابها.

وأخيراً بعد التوصل إلى التفسير المناسب للانحرافات، يقوم المدير باتخاذ الإجراءات اللازمة لتصحيح الموقف.

مفهوم الرقابة في النظرية الكلاسيكية:

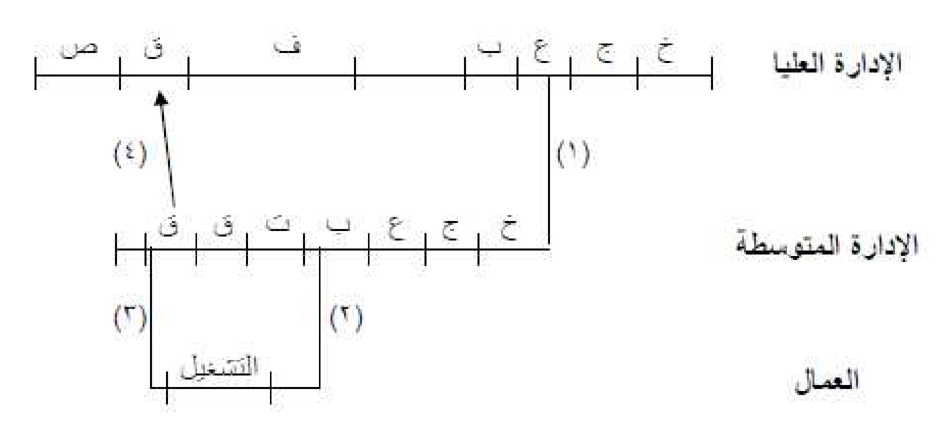
تميز النظرية الكلاسيكية بين الرقابة الأولية والرقابة التشغيلية، وتحدد ثمانية وظائف جزئية للرقابة والتتابع الذي تأخذه هذه الوظائف الجزئية والجهات التي تختص بكل منها سواء كانت جهة تنفيذية أو استشارية. ويمكن توضيح هذه الوظائف الجزئية ونوع الجهة المسئولة عنها كما في الجدول التالي ويمكن تحديد المقصود من كل من هذه الوظائف الجزئية للرقابة كما يلي (ويوضح بجانب كل وظيفة الرمز الذي سوف يستخدم في الإشارة إليها فيما بعد:

الوظائف الجزئية للوقاية	الجهة المختصة
وظائف الرقابة الفرعية الأولية:	
1- التخطيط الروتيني.	اختصاص استشاري
2- الجدولة	اختصاص استشاري
3- الإعداد أو التجهيز	اختصاص استشاري
4- التنفيذ	اختصاص استشاري
وظائف الرقابة الجزئية التشغيلية:	
5- التوجيه	اختصاص تنفيذي
6- الإشراف	اختصاص تنفيذي
7- المقارنة	اختصاص استشاري
8- الإجراء التصحيحي	اختصاص تنفيذي

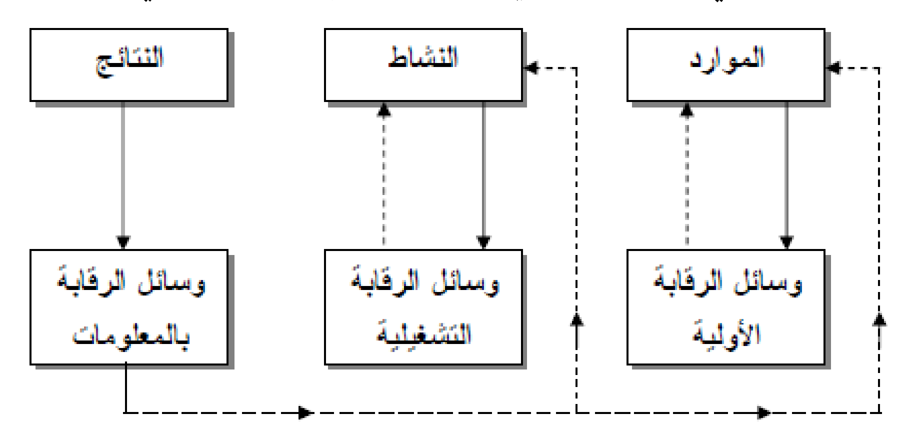
1- التخطيط الروتيني (خ): يعبر عن تقديم المعلومات المتعلقة بالخطة بشكل روتيني وثانوي.
2- الجدولة (ج): تمثل تحديد متى أو بأي معدل يجب أن يتم تنفيذ المراحل الرئيسية للخطة حتى يمكن تحقيق الهدف الزمني النهائي المحدد للمشروع أو العملية.
3- الإعداد (ح): يشير إلى الوظيفة المتعلقة بالتأكد
4- التنفيذ (ن): يعبر عن المحافظة على التنسيق من خلال السيطرة على منح سلطة التصرف.
5- التوجيه (ت): يمثل إعطاء التعليمات فيما يتعلق باحتياجات التنفيذ المناسب للخطة.
6- الإشراف (ف): يشير إلى وظيفة التأكد من أن التنفيذ الحالي طبقاً للخطط والتعليمات.
7- المقارنة (ق): تعبر عن وظيفة تحديد مدى مطابقة النتائج الفعلية والمخططة.
8- إجراءات التصحيح (ص): وتعني إزالة معوقات التنفيذ كما هو مخطط واستعادة أو المحافظة على التصرف الفعال المنسق.

إن التفكير الكلاسيكي كان يستند إلى الفصل بين المستويات الإداري والمستوى التشغيلي حيث يتم تنفيذ أوجه النشاط. ويمكن توضيح العلاقة بين هذه المستويات وتتابع وظائف الرقابة الجزئية التي تؤدي على المستويات الإدارية كما في الشكل التالي ويتبين من الشكل التتابع الذي تأخذه هذه الوظائف على كل من مستوى الإدارة العليا والمتوسطة، وكذلك تدفق أو منح السلطة من الإدارة العليا إلى الإدارة الوسطى ومن هذه إلى مستوى التشغيل. ومن الممكن أن نلاحظ أن الإدارة العليا تباشر وظيفتي التوجيه والإشراف على عملية الرقابة بأكملها على مستوى الإدارة الوسطى، كما أن الإدارة على المستوى الأخير تقوم بالتوجيه والإشراف على تنفيذ أوجه النشاط على المستوى التشغيلي. وتتدفق المعلومات عبر الخلط

الموضح بالشكل حيث يشي إلى مركز الأعمال التي يجري تنفيذها ويستخدم كأساس في عملية المقارنة واتخاذ إجراءات التصحيح.



وتقوم مرحلة اتخاذ إجراءات التصحيح بالنسبة للرقابة الأولية والتشغيلية بتعديل الشئ موضع القياس. فالرقابة الولية تقوم بتعديل نوعية وكمية الموارد بناء على المعلومات المتعلقة بهذه الموارد، بينما تتولى الرقابة التشغيلية تعديل العمليات الفعلية على أساس المعلومات المتعلقة بهذه العمليات. ومن ناحية أخرى، فإن محور تركيز الرقابة بالمعلومات المرتدة ليس المتغير موضع القياس (أي النتائج المحققة)، وأنما إجراءات التصحيح التي يتم اتخاذها عند مرحلتي الموارد والنشاط في الدورة كما يتضح من الشكل التالي.



معلومات

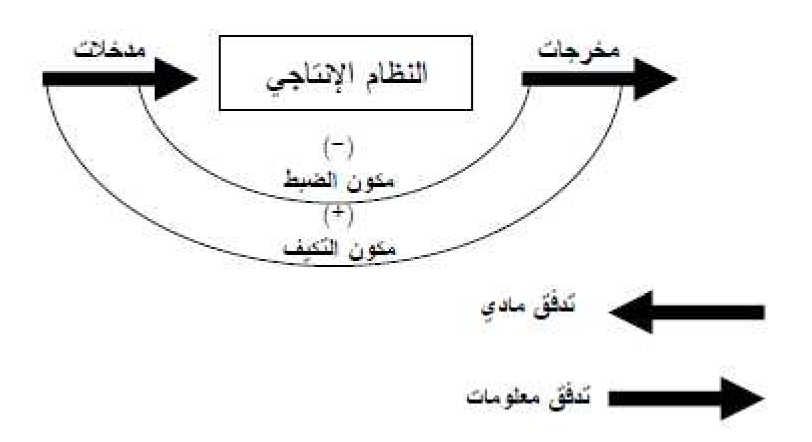
------- إجراءات تصحيحية

نلخص مما تقدم إذن أن الشروط الضرورية للرقابة الفعالة تتطلب وجود معايير للأداء وقياس الأداء ومقارنته بالمعايير ثم تحديد الانحرافات وتفسيرها بهدف اتخاذ الإجراءات الكفيلة بتصحيح الموقف. وقد تم تمييز ثلاثة أنواع من الرقابة على أساس محور تركيز إجراءات التصحيح سواء كانت للموارد، النشاط، أو النتائج.

مفهوم الرقابة في المدرسة المعاصرة:

يمكن النظر إلى النظام في إطار مدخل النظم على أنه نظام مفتوح في بيئي محيطة به يتفاعل معها بالتأثير عليها والتأثر بها حيث يتأثر النظام بالبيئة من خلال التعرف على احتياجات البيئة من مخرجات النظام في شكل سلع أو خدمات وهو ما يعرف بالتنبؤ ثم يترجم هذا التنبؤ إلى خطة إنتاج التي بناء عليها يتم تحديد الاحتياجات من الموارد ويعرف هذا التدفق بتدفق المعلومات (الرقابة) ويؤثر النظام الإنتاجي على البيئة عند ترجمة تدفق المعلومات إلى تدفق مادي يبدأ بتدبير الموارد ثم تشغل هذه الموارد من أجل الحصول على المخرجات المطلوبة من المنتجات ولابد أن يتطابق التدفق المادي مع تدفق المعلومات. لأن تدفق المعلومات يعكس احتياجات البيئة من المخرجات وإمكانيات البيئة في توفير المدخلات ويعرف هذا التطابق بالتوازن الحركي، ويتحقق هذا التوازن الحركي من خلال المكون الأول للعملية الرقابية وهو مكون الضبط حيث تكون مهمته ضبط الانحرافات في التدفق المادي ليتطابق مع تدفق المعلومات وبهذا يحقق النظام الإنتاجي حالة التوازن في الأجل القصير. أما في حالة الأجل الطويل فيتجه النظام الإنتاجي إلى النمو أو الانكماش طبقاً للظروف السائدة في البيئة بحيث يصل إلى مستوى أعلى من التوازن الحركي

(في حالة النمو) أو إلى مستوى أدنى من هذا التوازن الحركي (في حالة الانكماش) ويكون الدافع إلى هذا النمو أو الانكماش التكيف مع المتغيرات التكنولوجية والاقتصادية والاجتماعية والسياحية في البيئة ويتحقق هذا التكيف من خلال المكون الثاني للعملية الرقابية وهو مكون التكيف الذي يعمل في الأجل الطويل.



المكونات الأساسية للعملية الرقابية
في النظام الإنتاجي – الضبط والتكيف

ويمارس كل من مكون الضبط ومكون التكيف مهمته من خلال حلقات التغذية العكسية للمعلومات والتي تنقسم إلى:

1- حلقة التغذية السالبة: والتي تستخدم في تحقيق الاستقرار والتوازن وبالتالي يعتمد عليها مكون الضبط في أداء مهمته.
2- حلقة التغذية العكسية الموجبة: والتي تستخدم في تحقيق النمو الانكماش بالتالي يعتمد عليها مكون الضبط في أداء مهمته.

ويتكون مكون الضبط من ثلاثة عناصر أساسية هي:

أ- القياس: ونقصد به قياس عدد خصائص مخرجات النظام مثل جودة وكميات الإنتاج.

ب- المقارنة: وهي تتضمن مقارنة القياسات التي تم جمعها عن خصائص المخرجات بمعايير محددة من قبل مع تحديد طبيعة الانحرافات بين القياسات والمعايير.

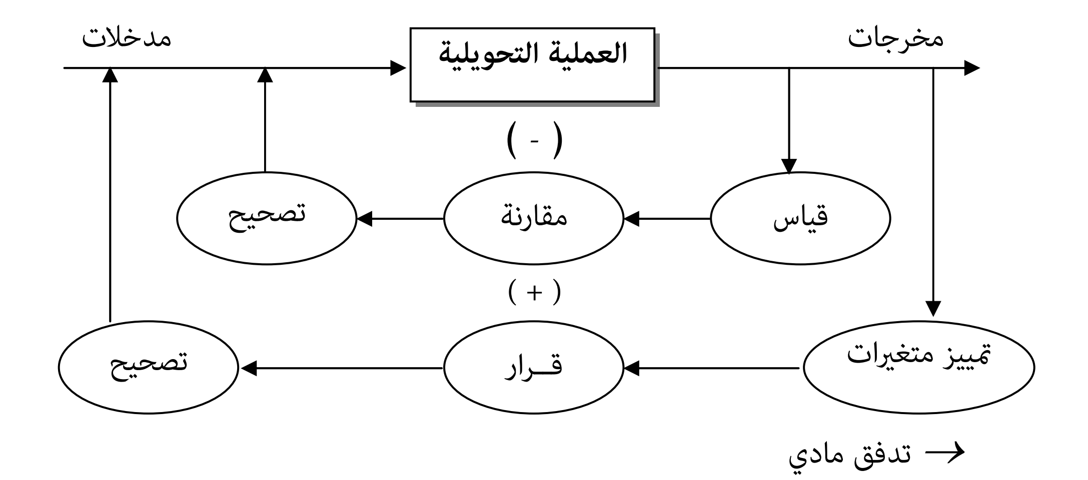
ج- التصحيح: ويتضمن اتخاذ قرار تصحيح على مدخلات النظام وذلك لعلاج الانحرافات الجوهرية في المعايير ويكون اتجاه القرار التصحيحي في عكس اتجاه الانحراف حتى يتحقق التوازن الحركي المستهدف للنظام الإنتاجي في الأجل القصير.

أما مكون التكيف فيكون العناصر الثلاثة التالية:

أ- تميز المتغيرات: وتتضمن الدراسة المستمرة للبيئة ولمخرجات النظام الإنتاجي للتعرف على مدى توافق المتغيرات البيئية مع مخرجات النظام.

ب- القرار: ويتضمن اتخاذ قرار بالمتغيرات البيئية التي يرى للنظام الاستجابة لها بحيث تتوافق مع المتغيرات المستقبلية لمخرجات النظام.

ج- التصحيح: ويتضمن اتخاذ قرار تصحيحي على مدخلات النظام حتى تتوافق مخرجاته مستقبلاً مع المتغيرات البيئية التي تقرر الاستجابة لها في الأجل الطويل ويكون اتجاه القرار هنا في نفس اتجاه المتغيرات بحيث يتحقق النمو والانكماش استجابة لاتجاه هذه المتغيرات.



عناصر كل من مكون الضبط ومكون التكيف في النظام الإنتاجي

التدفق المعنوي (تدفق المعلومات):

الحاجة للمعلومات تعتبر غير محدودة سواء للفرد أو المنظمة في أي نشاط يهتم به الفرد أو تعمل في نطاقه المنظمة فالمعلومات تتخلل كل الأنشطة والأعمال لأي قطاع من قطاعات التنمية الاقتصادية والاجتماعية والثقافية والتعليمية والعلمية التي يتكون منها المجتمع المعاصر. كما أن تنوعات المعلومات لا نهائية ولكن هناك ثلاثة أنواع محددة يمكن التعرف عليها وهي:

- المعلومات الوظيفية أو العملية أي التطبيقية.
- المعلومات الإدارية.
- المعلومات العلمية والتكنولوجية أو الثقافية.

والمعلومات الوظيفية أو التطبيقية في أي منظمة تتصل بمجالات أنشطتها الرئيسية وتؤدي في نطاق المهام اليومية. ففي منظمة تجارية أو مختصة بالأعمال نجد أن معلومات الطلبات والشحن والأجور والمرتبات والإنتاج والمشروعات...إلخ

تمثل هذه النوعية من المعلومات الوظيفية. وفي شركة التأمين تكون المعلومات الوظيفية لها تلك التي تتصل بإصدار بوالص التأمين والاستحقاقات وما شابه ذلك. وفي مصلحة حكومية تكون المعلومات إصدار الرخص أو التصاريح أو البطاقات الشخصية وجوازات السفر... إلخ هي معلومات وظيفية. أما المعلومات الإدارية فهي المعلومات التي تستخدم في التخطيط والتنظيم واتخاذ القرارات وتهدف بصفة عامة إلى وصف الوضع الحالي لأنظمة المنظمة الذي على أساسه تتخذ القرارات التي تؤثر على برامج العمل والأداء في المدى الطويل والمدى القصير، أي أنها تساعد الإدارة العليا للمنظمة في التعرف على مجريات الأمور (أنها تسير في الاتجاهات الصحيحة التي تساند أهداف المنظمة) على أن المعلومات الإدارية يجب أن تهدف إلى دفع الأفعال والتصرفات الصحيحة. وبذلك يجب أن يكون موثوق من صحتها وفي التوقيت والشكل الملائم المحتاج إليه. والمعلومات الإدارة تبنى على أساس المعلومات الوظيفية التي يجب معالجتها بطريقة تسمح بإخراج تقارير مختصرة موجهة للإدارة العليا تتسم بالتوقيت الفوري والثقة والموضوعية والملاءمة التي ترتكز على أهداف المنظمة. والمعلومات العلمية والتكنولوجية والثقافية تمثل الناتج الفكري لجهود الباحثين والعملاء والمفكرين الذي تصدره من خلال الوثائق المتنوعة من كتب ودوريات وتقارير وبراءة اختراع ومواصفات..إلخ ويمثل ذلك فيض لا ينضب ومتكاثر من ثورة المعلومات المحيطة بنا ويحتاج لنظم معلومات تقوم بجمعه وتنظيمه وتحليله واسترجاعه وبثه للمستفيدين سواء كانوا أفراد أو منظمات يوضح الاستعراض السابق أن النوعيات الثلاثة للمعلومات تحدد مضمون مكونات النظم التي تصمم من أجلها. وقد تكون هذه النظم ذات صبغة تكاملية تشتمل على النوعيات الثلاثة معاً ولكن يختلف إلى حد كبير أسلوب معالجة كل منها في إطار النظام الكلي.

مفهوم المعلومات:

كلمة "معلومات" مشتقة من كلمة "علم" وترجع إلى كلمة "معلم" أي الأثر الذي يستدل به على الطريق. وأصل الكلمة في اللغة اللاتينية هي *"Informatio"* التي تعين شرح أو توضيح شئ ما. وتستخدم الكلمة بصيغتها المفردة في اللغة الفرنسية *"Une Information"* للدلالة على "معلومة". وتستخدم الكلمة كفحوى لعمليات الاتصال بهدف توصيل الإشارة أو الرسالة التي هي المعلومة والإعلام عنها. كما تتصل الكلمة بأي فحوى تفاعل بشرى بين فردين أو أكثر أو بين شخص وآخر أو بين فرد وجماعة أو بين مجموعة ومجموعة أخرى... إلخ. أي هي المعرفة التي تمثل عنصر التخزين والإرسال والتحويل للرسالة أو الإشارة. وهناك تعاريف عديدة لكلمة "المعلومات" حيث أنه حتى الآن ما زال هناك تضارب ووجهات نظر عديدة في تعريف هذه الكلمة. ومن هذه التعاريف:

1- التعريف الذي يهتم بالاختلاف بين كلمة "المعلومات" وكلمة "البيانات" المستخدمان بطريقة مترادفة في كثير من الأحيان، إلا أنهما يختلفان في المعنى والدلالة وأن كانا يرتبطان معاً في مستوى المضمون. على أنه يمكن تعريف كل من اللفظتين في التالي:

أ- البيانات أو المعطيات وهي مشتقة من كلمة "بين" وهي مشتقة من "البيان" أي ما يتبين به الشئ من الدلالة وغيرها. وهي ما يطلق عليه باللغة اللاتينية *"Datum"* والتي استخدمت في اللغة الإنجليزية كما هي بينما تستخدم في اللغة الفرنسية *"Donnee"* وتعب رعن الأرقام والكلمات والرموز أو الحقائق أو الإحصاءات الخام التي لا علاقة بين بعضها البعض ولم تفسر أو تستخدم بعد أي ليس لها معنى حقيقي ولا تؤثر في رد فعل أو سلوك من يستقبلها. أي أن البعض ينظر إليها فيما يتصل بعدم تقويمها. بينما يعرفها البعض الآخر بأنها غير منظمة كما يعرفها فريق

ثالث بأنها غير مفسرة وبذلك فإن البيانات هي الحقائق أو الرسائل أو الإشارات غير المقومة وغير المنظمة وغير المفسرة.

ب- المعلومات ينظر إليها على أنها بيانات قومت ونظمت وفسرت بغية الاستخدام أي أصبح لها مضمون ذا معنى يؤثر في الاتجاه ورد الفعل والسلوك. وعلى سبيل المثال في حالة المنظمات التجارية تعتبر الأرقام التي تمثل سجلات مبيعات الشهر الماضي لسلعة ما بيانات. على أنه عند استخدام هذه الأرقام للتنبؤ بالمبيعات في المستقبل ولخدمة جدولة نتائج منتج ما تتحول البيانات وتصبح معلومات حيث أنها قومت ونظمت وفسرت للاستفادة منها في موقف محدد بغية اتخاذ قرار إداري مثلاً كما أن الملفات والسجلات والوثائق المختلفة تشتمل على بيانات إلا أنها عند الاستخدام بعد التفسير في مواقف معينة تصبح معلومات.

2- التعاريف التي تنظر للمعلومات وتوصل إلى اليقين والتأكد من حيث:

أ- توضيح نوعية جودة ما يحصل عليه الفرد أو المنظمة للأخبار والأعلام من مضمون كان غامضاً أو غير معروف من قبل.

ب- توضيح قيمة دلالية ذات مغذى معين أي البيانات المعالجة والمنظمة والمفسرة التي يصبح لها معنى حقيقي مؤثر في عملية اتخاذ القرارات الحالية والمستقبلية.

ج- الاهتمام بالكم الذي يحتاج إليه في عملية الاختيار حيث أن كمية المعلومات المطلوبة تتوقف على مدى تعقد المشكلة فيزداد الحاجة للمعلومات بزيادة البدائل المثارة للاختيار.

3- التعاريف النفعية للمعلومات التي تقلل عدم اليقين في حل المشاكل واتخاذ القرارات. وتمثل هذه التعاريف الحد الأقصى لأي منفعة أو عائد عند حل المشكلة أو اتخاذ القرار. وتوصف بمقدار الاختلاف بين كم المعلومات لدى

مستقبلها بعد أن يحصل على الإشارة أو الرسالة ومقارنة ذلك بكميتها لدى نفس الفـرد قبل تقليه الرسالة.

4- التعاريف التي تحول الأفكار أو الآراء المفيدة إلى أفعال وتصرفات التـي تتعـدى مفهـوم المعلومات "المعرفة" المشتقة من كلمة "عرف" وهي الموضوع الذي ينبت فيه "العـرف" ويمكن تمثيل ذلك في المعادلة التالية:

الملاحظة + التفكير ← الحقيقة أي البيانات.

الحقيقية + التفهم ← المعلومات

المعلومات + المشاركة ← الاتصال

الاتصال + التفهم المتعمق ← التفاعل أي المعرفة

الأهداف الجماعية + الفعل أو التصرف ← التقدم والرقمي

أي أن للمعلومات دوراً هاماً وجوهرياً في تحويل الآراء والأفكـار إلى أفعـال وتصرفـات تقود إلى التقدم المستمر.

من التعاريف السابق استعراضها يمكن تعريف المعلومات بأنهـا تجميـع بيانـات خـام وتنظيمها بواسطة التصنيف والمقارنة وتفسيرها وتقويها للاستخدام بعد التفهم العميق حيث يؤدي ذلك إلى بزوغ المعرفة وتشكيل القـوانين العلميـة وبـذلك تصـبح المعلومـات الوظيفيـة الأساسية للعلاقات المتواجدة لعدد من الإجابات قبل وبعد استلام المعلومات ذاتها. عـلى أنـه يجب أن تكون المعلومات مناسـبة وموثـوق منهـا ومفهومـة وذات مغـذى ودقيقـة وشـاملة وتصل في الوقت المناسب ويمكن استخدامها وواضحة ودقيقة وكافية حتـى تفيـد في المقصـود منها.

قياس كمية المعلومات:

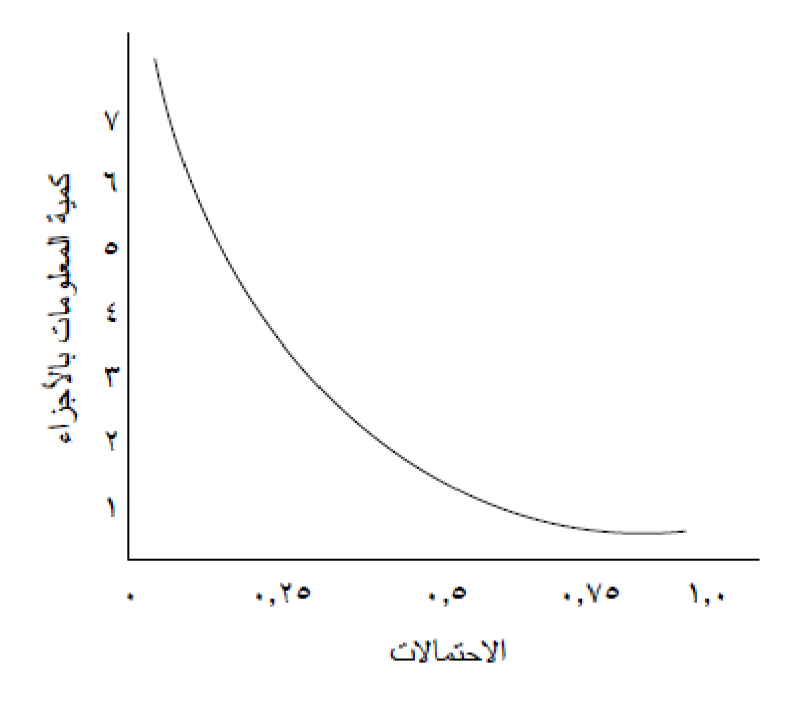
سبق الإشارة إلى أن وظيفة البيانات هي توليـد المعلومـات في حـين أن وظيفـة المعلومات هي تخفيض حالة عدم التأكد لدى متخذي القرارات. ومن ثم فـإن كميـة المعلومات قد تقاس بدرجة التخفيض في حالة عدم التأكد لدى مسـتخدم المعلومـات

نتيجة لاستلامه لمفردات المعلومات وليس بدرجة لزيادة في المعرفة. فإذا كان هناك شخص ما يواجه حالة عدم تأكد حدوث معين وبالتالي حالة تردد لاتخاذ تصرف ما لتحقيق هدف معين فإن استلام هذا الشخص لتقرير يتضمن بعض مفردات معلومات يطلب منا التفرقة بين حالتين:

الحالة الأولى: مفردات معلومات التقرير لن تغير من حالة عدم التأكد أو التردد الموجودة لدى هذا الشخص قبل استلام التقرير. وفي هذه الحالة فإننا نعتبر أن التقرير الذي تسلمه هذا الشخص فعلاً لا يتضمن أي كمية من المعلومات. نفس الحالة التي كان عليها قبل استلام التقرير.

الحالة الثانية: مفردات معلومات التقرير تساعد على تغير حالة عدم التأكد أو التردد الموجودة لدى الشخص قبل استلام التقرير. في هذه الحالة فإن كمية معلومات التقرير تكون كبيرة نظراً لأنها تغير من حالة عدم التأكد الموجودة لدى الشخص قبل استلام التقرير نتيجة تحديد أي التصرفات أكثر ملائمة لتحقيق أهدافه ولقياس كمية معلومات تقرير ما يستخدم مقياس المعلومات المتوقعة أو ما يعرف بمقياس كمية المعلومات، وذلك لتحديد درجة تخفيض حالة عدم التأكد الموجودة لدى متخذ قرار ما نتيجة إمداده بتقرير يحتوي على معلومات عن حدث ما. وباستخدام مقياس المعلومات المتوقعة تكون المعلومات التي يتضمنها تقرير ما عن تأكيد حدث أو نتيجة ما ذات كمية كبيرة لمتخذ القرار إذا كان احتمال هذا الحدث لديه قبل استلام التقرير ضئيلاً. وترجع زيادة كمية المعلومات في هذه الحالة إلى قدرة التقرير على توفير معلومات عن أحداث لم تكن متوقعة لمتخذ القرار. هذا بينما تعتبر معلومات التقرير التي تؤكد ظهور حدث ما

ذات قيمة منخفضة لمتخذ القرار إذا كان احتمال ظهور هذا الحـدث لديـه قبل استلام التقرير كبـيراً فمعلومـات التقريـر في هـذه الحالـة لم تغـير مـن الاحتمال الموجود لدى متخذ القرار بالنسبة للحـدث. ومـن ثـم فـإن كميـة معلومات تقرير ما بالنسبة لحدث ما تعتـبر حالـة الاحـتمالات ظهـور هـذا الحدث قبل وصول التقرير الذي يؤكد ظهوره من عدمـه. ويوضـح الشـكل التـالي هـذه العلاقـة وتقـاس كميـة المعلومـات (س) رياضـياً بصـفة عامـة بتحديـد لوغـاريتم كـل مـن احـتمال الحـدث قبـل وبعـد اسـتلام تقريـر المعلومات.



العلاقة بين الاحتمالات وكمية المعلومات

حيث:

$$\text{كمية المعلومات (س)} = \frac{\text{الاحتمال اللاحق لاستلام التقرير}}{\text{الاحتمال السابق لاستلام التقرير}} \quad .... (1)$$

ويمكن التمييز بين حالتين:

الأولى: قياس كمية معلومات تقرير محدد ذو معلومات كاملة *perfect information* (يتضمن معلومات فعلية عن ظهور حدث ما) في هذه الحالة فإن الاحتمال اللاحق لاستلام التقرير = 1

فإذا كان الاحتمال السابق (عن ظهور حدث ما) لاستلام التقرير هو (ر)

(حيث صفر $\leq$ ر $\leq$ 1) فإن:

$$\text{س} = \text{لو}_2 \frac{1}{\text{ر}}$$

س = لو$_2$ 1 – لو$_2$ ر .... (2)

وحيث أن لوغاريتم 1 = صفر فإن المعادلة (2) تأخذ الشكل التالي:

س = - لو$_2$ ر .... (3)

الثانية: قياس كمية معلومات تقرير معلومات غير كملة (يتضمن معلومات لا تؤكد بدقة مطلقة ظهور الحدث ويعتبر تقرير مبدئي) باعتبارها الفرق بين مقياس المعلومات المتوقعة قبل وبعد وصول التقرير. فإذا كانت (ر$_1$) تمثل الاحتمال السابق على وصول التقرير (ر$_2$) الاحتمال اللاحق فإن:

س = - لو$_2$ (ر$_1$) - -لو$_2$ (ر$_2$) .... (4)

وبشكل آخر فإن كمية معلومات تقرير المعلومات الغير كاملة هو لوغاريتم النسبية بين الاحتامل اللاحق والسابق لوصول التقرير (وهو نفس المقياس 1 أعلاه):

$$س = لو_2 \frac{ر_2}{ر_1} \quad .... (5)$$

مثال (1):

يقوم مدير التسويق بإحدى المنشآت بالتنبؤ بحجم المبيعات لشهر مارس 2013 وفيما يلي حجم المبيعات المتوقع كمدى من المبيعات الفعلية لشهر ديسمبر 2012 باحتمالات مختلفة.

الحدث	المبيعات المتوقعة كمدى من المبيعات الفعلية	الاحتمال
1	± 10000 وحدة	1
2	± 1000 وحدة	0.25
3	± 500 وحدة	0.05

فإذا فرض أن مدير التسويق قد تسلم في نهاية فبراير تقريراً يؤكد أن:

أ- الحدث الأول ، أو

ب- الحدث الثاني ، أو

ج- الحدث الثالث

فالمطلوب حساب كمية معلومات التقرير في كل حالة.

خطوات الحل

1- من الواضح أن التقرير المشار إليه يتضمن معلومات كاملة وتستخرج كمية معلومات التقرير في كل حالة اعتبارها:

كمية المعلومات (س) = $لو_2$ ر

حيث تعبر (ر) عن الاحتمال السابق على استلام التقرير.

2- للتحويل من لو$_2$ إلى لو$_{10}$ يستخدم معامل التحويل 1/لو$_{10}$

3- يمكن استخراج كمية المعلومات في كل حالة كما يلي:

أ- س = - لو$_{10}$ 1 × 3.3222 = صفر

ب- س = - لو$_{10}$ 0.25 × 3.3222 = 2.00 جزءاً

ج- س = - لو$_{10}$ 0.05 × 3.3222 = 4.32 جزءاً

4- يلاحظ أن كمية معلمات لتقرير في حالة (ج) أكبر منها في الحالتين أ، ب كما أنها أكبر في الحالة (ب) عنها في (أ ط) ويؤكد ذلك العلاقة العكسية بين احتمال ظهور حدث وكمية معلومات التقرير الذي يؤكد ظهور هذا الحدث.

مثال:

بافتراض أنه في المثال السابق تسلم مدير التسويق قبل معرفة حجم مبيعات شهر فبراير بدقة تقريراً مبدئياً (يرتكز على اتجاه المبيعات حتى منتصف شهر فبراير ومبيعات الشهر في السنوات السابقة) يشير إلى أن احتمال أن تكون مبيعات الشهر في نطاق + 1000 وحدة من مبيعات شهر ديسمبر 1978 هو 75%.

فالمطلوب تحديد كمية معلمات هذا التقرير....

خطوات العمل

1- يتضمن التقرير في هذه الحالة معلومات غير كاملة لا تستند إلى أرقام فعلية عن مبيعات شهر فبراير.

2- باعتبار أن (ر$_1$) تمثل الاحتمال السابق على استلام التقرير (0.25)، وأن (ر$_2$) تمثل الاحتمال اللاحق لاستلام التقرير (075) فإن كمية معلومات التقرير (س) تتحدد كما يلي:

س = [-لو$_{10}$(ر$_1$) × 3.2222] – [-لو$_{10}$(ر$_2$) × 3.3222]

[-لو$_{10}$(0.25) × 3.2222] – [-لو$_{10}$(0.75) × 3.3222]

[3.3222 × 1.8751-] – [2.3222 × 1.3979-]

1.58 جزءًا

3- كما يمكن قياس كمية المعلومات بالقانون التالي:

= لو$_{10}$ (ر$_2$/ر$_1$) × 3.3222

= لو$_{10}$(0.25/0.75) × 3.3222

= 1.58 جزءًا

قياس متوسط كمية المعلومات:

يمكن تحديد متوسط كمية معلومات التقارير المرتبطة بعدة أحداث حيث يمثل كل حدث فيها جزءًا من مجموعة الأحداث الممكنة ويترتب على ظهور أحدها عدم ظهور الأحداث الأخرى. فإذا كانت هذه الأحداث ممثلة في الطلب السنوي المتوقع على أحدى المنتجات. فكل حدث واحتماله يظهر كالآتي:

الحدث (ح)	الطلب المتوقع	الاحتمال
ح$_1$	120 ≥ ح > 100	0.10
ح$_2$	140 ≥ ح > 120	0.40
ح$_3$	160 ≥ ح > 140	0.25
ح$_4$	180 ≥ ح > 160	0.20
ح$_5$	200 ≥ ح > 180	0.05

فإذا كانت (ن) تشير إلى رقم الحدث – حيث ح$_ن$= ح$_1$ أ، ح$_2$ أ، .... ح$_5$ – و(ر) إلى الاحتمال السابق على وصول التقدير فإن متوسط كمية (ع) يحتسب كالآتي:

ع = مجـ$_{ن-1}$ ر(ح^{ن}) لو$_2$ (ح^{ن})

= - (0.1 لو$_{10}$ 0.1 × 3.322) – (0.4 لو$_{10}$ 0.4 × 3.3222)

= - (0.25 لو$_{10}$ 0.25 × 2.2222) – (0.20 لو$_{10}$ 0.20 × 3.3222)

= - (0.5 لو$_{10}$ 0.5 × 3.322)

= 2.0415 جزءًا

قيمة المعلومات الكاملة:

لا تقاس المعلومات بالنظر إلى مفردات المعلومات في حد ذاتها ولكن بارتباط هذه المفردات:

- بهدف معين - بقرار معين - بشخص معين - وبوقت معين

حيث أن قيمة المعلومات دالة لاستخدامات هذه المعلومات ومن ثم تتوقف هذه القيمة على:

- الهدف الذي يسعى مستخدم المعلومات إلى تحقيقه.
- درجة إدراك مستخدم المعلومات وموقفه تجاه التغير في التوقعات.
- مدى إحساس متخذ القرار لأهمية المعلومات في تغيير الاحتمالات السابقة على وصولها.

فإذا كان هناك شخصان لكل منهما درجة إدراك تختلف عن الآخر ولكل منهما هدف يختلف بالصورة التي تؤدى إلى اختلاف إحساس كل منهما لقيمة معلومات تقرير ما، في هذه الحالة ستكون قيمة المعلومات مختلفة بالنسبة لكل منهما اعتماداً لمدى ملاءمتها للتصرف المحتمل لكل منهما بالنسبة لقرار معين وفي وقت معين. هذا في حين أن كمية المعلومات ستكون واحدة بالنسبة لكل منهما على أساس أن الاحتمال السابق على وصول المعلمات كان واحد لكل منهما. ومن ثم فإن مقياس كمية المعلومات لا يصلح كمعيار لتحديد المعلومات الملائمة لاتخاذ القرارات. ويمكن استخلاص بعض المعايير المناسبة في هذا الصدد من خلال

دراسة اقتصاديات المعلومات مع التفرقة بين قيمة كل من المعلومات الكاملة والمعلومات الغير كاملة.

قياس قيمة المعلومات:

تحدد قيمة المعلومات الإضافية المستخدمة في اتخاذ قرار ما باعتبارها الفرق بين القيمة الناتجة عن التصرف المستمد من القرار في حالة عدم وجود هذه المعلومات والقيمة الناتجة عن التصرف في حالة وجود المعلومات الإضافية. وتعتبر هذه القيمة عن التغير الأفضل في تصرفات متخذ القرار كنتيجة للمعلومات الإضافية، ويصعب عملياً تحديد القيمة الفعلية للمعلومات الإضافية إلا إذا كانت هذه معلومات معروفة ومن ثم يفضل استخدام القيم المتوقعة كمعيار للمفاضلة بين إنتاج أو عدم إنتاج المعلومات وتركز القيمة المتوقعة على خاصتي الدقة والتوقيت السليم في إعداد وتداول المعلومات الملائمة لاتخاذ قرار ما.

مثال:

بافتراض أن أحدى منشآت التسويق العقاري لديها عرض لشراء أراضي في منطقة 6 أكتوبر بها. فإذا علم أن:

1- معيار قبول المنشأة أو رفضها للعرض هو القيمة الحالية المتوقعة لناتج العرض.
2- ثمن شراء الأرض هو 400.000 جنيه، كما أن التكلفة الحالية لعمليات البناء تبلغ 200.000 جنيه.
3- البحث الأولى قد أشار إلى أن احتمال وجود مواد البناء بهذه المناطق هو 60%.
4- القيمة الحالية للأرض في حالة عدم وجود مواد البناء هي 50.000 جنيه ويمكن بيعها بهذه القيمة.
5- القيمة الحالية للدخل الناتج عن العرض في حالة وجود مواد بناء ستبلغ 1000.000 جنيه. متضمنة ثمن بيع الأرض بعد عمليات البناء.

6- هناك أحدى المكاتب الاستشارية المتخصصة على استعداد لتوفير معلومات جيولوجية دقيقة تحدد ما إذا كانت الأرض صالحة للبناء أم لا قبل اتخاذ قرار شراء الأرض. وقد تكون هذه المعلومات ذات قيمة للمنشأة حيث تجنبها الخسائر التي ستنتج عن الموافقة على العرض إذا أشارت بعدم وجود مواد البناء. هذا وتشير تقديرات إدارة المنشأة أن معلومات الدراسة ستؤكد احتمال وجود مواد البناء بنسبة 60%.

فالمطلوب تحديد القيمة الإجمالية للمعلومات التي ستوفرها الدراسة الجيولوجية.

خطوات العمل

1- من واقع المعلومات الأولية المتاحة للمنشأة (حالة عدم جود معلومات ناتجة عن الدراسة الجيولوجية) يمكن حساب الدخل من المشروع في حالتي وجود وعدم وجود بترول خام كما يلي:

		في حالة وجود مواد البناء	في حالة عدم وجود مواد البناء
الإيراد		1000.000	500.000
ثمن شراء الأرض	400.000		
تكلفة البحث والتنقيب	200.000		
		600.000	60.000
صافي الدخل		400.000	
صافي الخسارة			550.000

2- حيث أن احتمال وجود مواد البناء طبقاً للمعلومات الأولية هو 60% فإن احتمال عدم وجوده هو 40% وتستخدم كاحتمالات لصافي الدخل أو الخسارة

عند تحديد القيمة الحالية المتوقعة لمشروع البحث عن مواد البناء كالآتي:

60%(400.000) + 40%(-550.000) = 20.000 جنيه.

ويؤكد ذلك أن قبول العرض سيكون في صالح المنشأة.

3- يمكن إعادة حساب القيمة المتوقعة في حالة حصول المنشأة على معلومات الدراسة الجيولوجية (التي تؤكد المعلومات الأولية للمنشأة) باعتبارها:

60%(400.000) + 40%(صفر) = 240.000 جنيه.

4- أن إمكانية ارتكاز قرار المنشأة على معلومات الدراسة الجيولوجية تؤدي إلى زيادة القيمة المتوقعة للعرض بمقدار 220.000 جنيه كالآتي:

240.000 (القيمة المتوقعة بعد الحصول على المعلومات) – 20.000 (القيمة المتوقعة قبل الحصول على المعلومات) = 220.000 جنيه.

وتمثل هذه الزيادة مقياس للقيمة الإجمالية للمعلومات الإضافية الناتجة عن الدراسة الجيولوجية. ومن ثم فإن المنشأة ستكون مستعدة لأن تدفع حتى 220.000 جنيه للقيام بهذه الدراسة قبل أن تكون القيمة الصافية للمعلومات الإضافية سالبة.

قيمة المعلومات غير الكاملة:

من النادر أن يعتمد متخذ القرارات على معلومات دقيقة بصفة مطلقة في اتخاذه القرارات المختلفة. ويمكن حساب قيمة المعلومات الغير كاملة بافتراض درجة عدم الدقة في المعلومات. فإذا أمكن في المثال أعلاه تحديد درجة دقة المعلومات الناتجة عن الدراسة الجيولوجية بمقدار 90% فإن حساب الاحتمالات المختلفة للتقرير المتضمن لهذه المعلومات يتم كما يلي:

1- اعتماد متخذ القرار على معلومات صحيحة تشير إلى وجود بترول بباطن الأرض باحتمال:

$$0.54 = 0.9 \times 0.6$$

2- اعتماد متخذ القرار على معلومات غير صحيحة تشير إلى جود بترول باحتمال:

$$0.4 = (0.9 - 1) \times 0.4$$

3- اعتماد متخذ القرارات على معلومات غير صحيحة تشير إلى عدم وجود بترول باحتمال:

$$0.06 = (0.9 - 1) \times 0.6$$

4- اعتماد متخذ القرار على معلومات صحيحة تشير إلى عدم وجود بترول باحتمال:

$$0.36 = 0.9 \times 0.4$$

ومن ثم فإن احتمال رفض المشروع نتيجة استلام المعلومات الإضافية هو مجموع الاحتمالات الناتجة على الخطوتين 3، 4:

$$0.42 = 0.36 \times 0.06$$

وتتحدد القيمة الصافية للمشروع إذا وافقت المنشأة على إجراء الدراسة الجيولوجية بتكلفة قدرها (س) كما يلي:

0.54 (400.000) + 0.04(-550.000) + 0.42(صفر) – س

وحيث أن القيمة المتوقعة للمشروع دون الأخذ في الاعتبار بمعلومات الدراسة الجيولوجية هي 20.000 جنيه فإن تكلفة المعلومات الغير كاملة الناتجة عن الدراسة (س) تتحدد على أساس:

[0.54(400.000) + 0.04(-550.000) + 0.42(صفر) – س] = 20.000

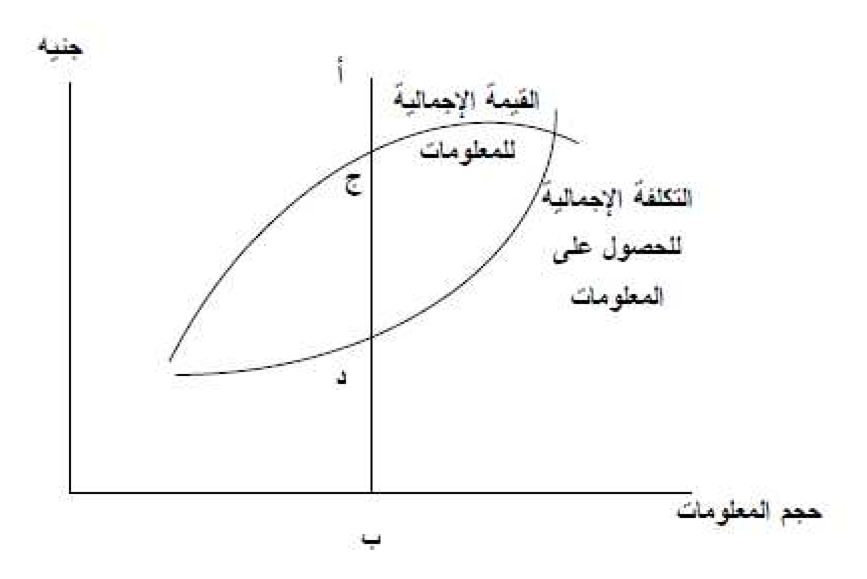
∴ س = 216.000 – 22.000 – 20.000 = 174.000 جنيه ومن ثم فالقيمة الإجمالية لمعلومات دقيقة بنسبة 90% هي 174.000 جنيه.

العلاقة بين تكلفة وقيمة المعلومات:

حيث أن وظيفة المحاسب لا تقتصر على تحقيق مطالب المعلومات المحاسبية ولكنها تشمل أيضاً تخفيض تكلفة الحصول على هذه المعلومات إلى أدنى حد دون أن يؤثر ذلك على حجم ودقة المعلومات اللازمة لاتخاذ القرارات المختلفة. الأصل أن يكون معيار متخذ القرار في طلبه لمعلومات إضافية لقرار ما هو صافي قيمة هذه المعلومات، ومن المتوقع أن تتزايد تكلفة الحصول على المعلومات بزيادة:

- حجم المعلومات.
- دقة المعلومات.

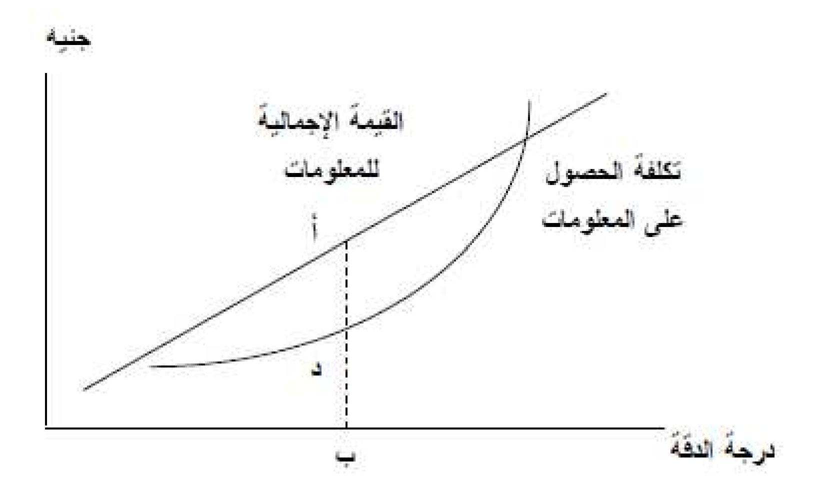
ويحدد الشكل التالي العلاقة بين حجم المعلومات والتكلفة والقيمة الإجمالية لهذه المعلومات حيث يشير الخط أ ب إلى الحجم الأمثل للمعلومات الذي يحقق أكبر صافي قيمة ممكنة (كما يشير الخط جـ د)



العلاقة بين حجم وتكلفة وقيمة المعلومات.

ويلاحظ أن هذه القيمة تتناقص إذا اتجهنا يمين جـ د (نتيجة اتجاه منحنى التكلفة إلى أعلى ومنحنى القيمة إلى أسفل) أو يسار جـ د (نتيجة اتجاه منحنى للقيمة إلى أسفل بنسبة أكبر من اتجاه منحنى التكلفة). وتتساوى تكلفة الحصول على المعلومات مع قيمتها عند النقطة هـ حيث يترتب على زيادة الطلب على المعلومات إلى هذا المستوى وجود قيمة صفرية قيمة المعلومات، وتكون هذه القيمة سالبة إذا تعدى حجم المعلومات النقطة هـ نتيجة زيادة تكلفة الحصول على المعلومات من قيمتها كما يوضح منحنى كل منها. ويوضح الشكل التالي العلاقة بين دقة المعلومات والتكلفة والقيمة الإجمالية لها حيث يشير منحنى التكلفة إلى وجود علاقة طردية بين درجة دقة المعلومات المحاسبية وتكلفة إعداد هذه المعلومات.

ويحدد الخط أ جـ المستوى الأمثل للدقة المتطلبة (أقل من 100%) حيث تكون صافي قيمة المعلومات عند هذا المستوى أكبر ما يمكن. وتنخفض صافي قيمة المعلومات يمين ويسار الخط أ ب: حيث تتزايد قيمة المعلومات مع ارتفاع تكلفة إعدادها بنسبة أكبر كلما زادت درجة دقة المعلومات بينما تتناقص قيمة المعلومات بنسبة أكبر من انخفاض تكلفة إعدادها طالما انخفضت درجة الدقة.



العلاقة بين درجة دقة وتكلفة وقيمة المعلومات

قياس الخسارة في كمية المعلومات:

يواجه المحاسب عند إعداده للتقارير المحاسبية مشكلة تحديد درجة التفصيل أو الإجمالي في مفردات معلومات هذه التقارير، على أساس أن إدماج بعض مفردات المعلومات قد يؤدي إلى خسارة في كمية المعلومات التي تتضمنها التقارير وبالتالي قد لا يساعد على توفير الاحتياجات الضرورية لمتخذي القرارات. أن قياس هذه الخسارة يساعد على اتخاذ القرار الخاص بدرجة التفصيل في مخرجات معلومات النظام المحاسبي أو درجة الإدماج الواجب تجنبها. ومن الملاحظ أن عملية الإدماج تقتصر على المفردات القابلة للإدماج فلا يؤخذ في الاعتبار عند اتخاذ مثل هذا القرار بمفردات المعلومات ذات الطبيعة المختلفة حيث يستبعد التفكير مثلاً في إدماج معلومتي النقدية مع الآلات في معلومة واحدة تظهر بالتقارير والقوائم المحاسبية. ويمكن استخدام مقياس كمية المعلومات في تحديد الخسارة الناتجة عن إدماج بعض مفردات معلومات التقارير المحاسبية، فإذا كانت هذه المفردات تتمثل في $ر_1$ ، $ر_2$ ، $ر_3$ فإن مقياس كمية المعلومات (س) قبل إ>ماج مفردتين من هذه المفردات يتمثل في:

س = - $ر_1$ لو $ر_1$ – $ر_2$ لو $ر_2$ – $ر_3$ لو $ر_3$ .... (1)

وإذا تم إدماج المفردتين $ر_2$، $ر_3$ في مفردة واحدة، فإن مقياس كمية المعلومات بعد إدماج هذين المفردتين (سَ) يأخذ ذلك في الاعتبار حيث:

سَ = - $ر_1$ لو $ر_1$ – ($ر_2$ + $ر_3$) لو ($ر_2$ + $ر_3$) ...... (2)

ويمثل الفرق بين كمية معلومات التقرير قبل وبعد إدماج المفردتين $ر_1$، $ر_2$ (س – سَ) الخسارة في كمية المعلومات نتيجة إدماج مفردتين في مفردة واحدة.

مثال:

يعد محاسب تكاليف إحدى المنشآت تقريراً عن تكاليف الخامات المساعدة وقد كانت مخرجات هذا التقرير بالجنيه في فترتين كالآتي:

المحاسب	المحاسبية	
	الأولى	الثانية
أ	24.000	13.200
ب	36.800	16.800
ج	9.600	150
د	9.600	26.850

والمطلوب تحديد الخسارة في كمية معلومات التقرير لكل فترة محاسبية على حدة إذا قرر محاسب التكاليف إدماج المفردتين جـ د في مفردة واحدة.

خطوات الحل

1- حيث أن مقاييس نظرية المعلومات ترتكز على احتمالات، فمن المتطلب تحويل قيمة كل مفردة من مفردات التقرير في كل فترة محاسبية إلى نسبة من مجموع المفردات باعتبار هذه النسب تمثل توزيعات احتمالية كالآتي:

مفردات التقرير	الرمز	الفترة المحاسبية			
		الأولى		الثانية	
		قيمة	%	قيمة	%
أ	$ر_1$	24.000	30	13.600	22
ب	$ر_2$	36.800	46	16.800	28
ج	$ر_3$	9.600	12	150	0.25
د	$ر_4$	9.600	12	29.850	49.75
		80.000	100	60.000	

-2 تتمثل مفردات التقرير قبل إدماج المفردتين جـ ، د في $ر_1$، $ر_2$، $ر_3$، $ر_4$ وبعد إدماج المفردتين جـ ، د في ، د في $ر_1$، $ر_2$، $ر_3$، $ر_4$.

-3 يكن حساب كمية معلومات التقرير لكل فترة محاسبية قبل إدماج المفردتين $ر_3$، $ر_4$ على أساس نسب كل مفردة إلى مجموع المفردات كالآتي:

س = - $ر_1$ لو $ر_1$ – $ر_2$ لو $ر_2$ – $ر_3$ لو $ر_3$ – $ر_4$ لو $ر_4$

الفترة المحاسبية الأولى:

س = - 0.3 لو 3ر – 46رلو 46ر– 12رلو 12ر– 12رلو 12ر

= - (3رلو $_{10}$ 2ر0× 3.3222) – (46ر0لو$_{10}$ 46ر0× 3.3222) –

(12ر0لو$_{10}$ 12ر0 × 3.3222) – (12ر0لو$_{10}$ 12ر0× 3.3222).

= (12ر0× 1.0792 × 3.3222) – (12ر0× 1.0792 × 3.2222)

= 1.770654

الفترة المحاسبية الثانية:

س = -(22ر0لو$_{10}$ 22ر× 3.2222) – (28ر0لو$_{10}$ 28ر× 3.3222) –

(0025ر0لو$_{10}$ 0025ر0× 3.3222) – (4975ر0لو$_{10}$ 4975 ×

3.3222).

= -(22ر0× 1.2424 × 3.3222) – (28ر0× 1.4472 × 3.3232) –

(0.0025 × 3.3979 × 3.3323) – (0.4975 × 1.6968 × 3.3222) = 1.517591

-4 في حالة إدماج المفردتين $ر_2$ ، $ر_4$ في مفردة واحدة، فإن مقياس كمية المعلومات يتمثل في:

س = - $ر_1$ لو $ر_1$ – $ر_2$ لو $ر_2$ – ($ر_1$ + $ر_4$ لو $ر_2$ + $ر_4$)

الفترة المحاسبية الأولى:

سَ = (0.3 لو$_{10}$ 0.3 × 3.2222) – (0.46 لو$_{10}$ 0.46 × 3.2222)

- (0.24 لو$_{10}$ 0.24 × 3.3222).

= - (0.3 × 1.4771 × 3.3222) – (0.46 × 1.6618 × 3.3222) –

(0.24 × 1.3802 × 3.3222)

= 1.530651 جزءاً.

الفترة المحاسبية الثانية:

سَ = - (0.22لو$_{10}$ 0.22 × 3.3222) – (0.28لو$_{10}$ 0.28 × 3.3222) –

(0.5لو$_{10}$ 0.5 × 3.3222).

= -(0.22 × 1.2424 × 2.2222) – (0.28 × 1.4472 × 1.3232) –

(0.5 × 1.6990 ×3.2222)

= 1.423656 جزءاً

5- تحتسب الخسارة في كمية المعلومات بطرح سَ من س كالآتي:

الفترة المحاسبية س – سَ = الخسارة بالأجزاء (لو$_2$ -1)

الأولى: 1.7765 – 1.3065 = 0.24

الثانية: 1.51859 – 1423661 = 0.0939

6- من الواضح أن الخسارة في كمية المعلومات في الفترة المحاسبية الأولى أكبر منها في الثانية ويفسر ذلك كالآتي:

تتناقص قيمة المفردة ر$_3$ مقارنة بمجموع مفردات التقرير في الفترة المحاسبية الثانية عنها في الأولى (0.25% في الفترة الثانية، 12% في الفترة

الأولى) حيث تتناقص الخسارة في كمية المعلومات كلما تناقصت قيمة إحدى المفردتين موضع الاندماج بالنسبة إلى مجموع المفردات.

تساوي نسبة كل من $ر_2$ ، $ر_4$ في الفـترة المحاسـبية الأولى، في حـين أن الفـرق بيـنهما قـد تزايد بصورة واضحة في الفترة المحاسبية الثانية.

الفصل الرابع

الرقابة النوعية

الفصل الرابع

الرقابة النوعية

أولاً: مفهوم الرقابة النوعية:

تعددت الآراء والمفاهيم بصدد تحديد مفهوم شامل ودقيق للرقابة النوعية. إلا أن هذا التعدد والتبيان شكلي ناجم عن شمولية استخدامه على مستوى المنشأة ابتداء من الرقابة على المواد الأولية وجميع العلميات التصنيعية والتجميعية حتى مسئولية أداء السلعة لدى المستهلك. إلى جانب استخدامه الواسع في كافة النشاطات الاقتصادية والاجتماعية والثقافية أيضاً.

وبهدف إعطاء تعريف دقيق للرقابة النوعية يتطلب الأمر تناول الاصطلاح عبر عنصريه اللغويين حيث تعرف الرقابة بأنها: "مجموعة النشاطات المخططة التي عن طريقها يضمن تحقيق الأهداف ومطابقة المواصفات المحددة".

أما النوعية فقد عرفها جوران وهو من أشهر العاملين في مجال الرقابة النوعية بأنها "ملاءمة المنتج للاستعمال" (*Fitiness for Use*)، أما المنظمة الدولية للتقييس فقد عرفتها بأنها: "المجموع الكلي للخصائص والمزايا لمنتج أو خدمة، القادرة على تلبية حاجة معينة، وهنا نؤشر ميلنا لتعريف جوران لشموله عنصري المصطلح لغة ومحتوى بما يؤشر حدود الرقابة النوعية دلالتها كونها "مجموعة الفعاليات الهادفة التي يتم تحديدها للأقسام المتخصصة لغرض تطوير النوعية والثبات عليها". وإلى جانب ذلك يضيف جوران تعريفً آخر للرقابة النوعية يتسم بشمولية تفوق سابقه بأنها: "عملية قياس الأداء الفعلي للنوعية بالمقارنة مع المواصفات القياسية المحددة واتخاذ الإجراءات اللازمة لتصحيح الانحرافات التي تظهر".

أما المفهوم الحديث الذي أظهرته التطبيقات العلمية الحديثة في هذا المجال، تلك التي توصف بالرقابة النوعية المتكاملة أو ضمان النوعية (*Quality Assurance*)، فقد تناولت المفهوم باعتماد التعريف الذي يفيد بأن الرقابة النوعية هي "النظام الفعال الذي يهدف إلى تكامل جهود جميع الأقسام ذات العلاقة بالنوعية داخل المنشأة الصناعية بهدف تطوير الجودة وتحسينها لضمان إنتاج المنتجات بالنوعية الملائمة التي تلبي رغبات المستهلكين واحتياجاتهم بأقل التكاليف الممكنة".

ويتضح من هذا التعريف تحول مفهوم الرقابة النوعية من إطاره العام إلى إطار أكثر تفصيلاً، حيث أكد على ضرورة اشتراك جميع أقسام المنشأة من الإدارة العليا حتى الإدارات التنفيذية في تحقيق النوعية المطلوبة. فضلاً عن أن دور الرقابة النوعية لا ينحصر في اكتشاف الأخطاء، وإنما يتسم دورها بفاعلية إيجابية للنهوض بجودة المنتجات لتلبية رغبات المستهلكين واحتياجاتهم.

وتأسيساً على ذلك فإن المفهوم الحديث للرقابة النوعية يجعل منها أداة إدارية من شأنها تحقيق وفورات ملائمة للمنشأة الصناعية من حيث تحسين نوعية المنتجات وتطويرها فضلاً عن تخفيض تكاليف الإنتاج من خلال تقليل العوادم أو التالف من المنتجات والأجزاء التركيبية في أثناء العمليات الإنتاجية هذا وقد حدد (فيكنبوم) عناصر الضبط المتكامل للجودة في أربع مراحل:

- وضع المواصفات النوعية.
- تقويم الإنجاز بمقارنة المنتجات الفعلية مع المواصفات القياسية أو المصنعة.
- اتخاذ الإجراءات اللازمة لتصحيح الانحرافات في حالة وجود منتجات خارجة عن حدود المواصفات وسماحتها.

- التخطيط لغرض تطوير المواصفات وملاءمتها لرغبات المستهلكين وتحسين مستوى إنجازها.

إن تطبيق هذه العناصر يمثل قاعدة الارتكاز في تحقيق التكامل بين مختلف النشاطات في نظام إداري منسق على مستوى المنشأة يتضمن فعاليات معتمدة على الطرق الكمية والتكنولوجيا في فحص واختبار نوعية المنتجات النهائية للتأكد من سلامتها عند الاستخدام.

إلا أن من المفيد هنا الإشارة إلى ضرورة عدم الخلط الذي يحدث في الكثير من الأحيان بين مفهومي الرقابة النوعية وعمليات الفحص أو التفتيش حيث حدد ماير المفهوم الأول باعتباره نظاماً يؤكد على نوعية لمنتجات وتطويرها من خلال:

- وضع مواصفات للمنتجات النهائية.
- ترجمة هذه المواصفات إلى تصاميم تمهيداً لتنفيذها.
- توفير المتطلبات الضرورية لتنفيذ التصميم.
- تأهيل العاملين وفقاً للاختصاصات المطلوبة.
- وضع قواعد انضباطية لمحاسبة المقصرين عند تقييم المنتجات النهائية.

ولتحقيق ذلك، يتطلب القيام بمجموعة من العمليات للسيطرة على هذه النشاطات، حيث يعد التفتيش أو الفحص من أهم هذه العمليات.

وبهذا الاتجاه، يشير (*Meredith*) إلى أن هذا الخلط بين مفهوم الرقابة والفحص يعزي إلى أهمية وظيفة الفحص بالنسبة إلى الوظائف الأخرى للرقابة النوعية، حيث تمارس عملية الفحص في مختلف المراحل الإنتاجية من أجل منع حدوث الانحرافات واتخاذ الإجراءات التصحيحية الفورية عند التأكد من مطابقتها

للمواصفات أو يتم من خلال سحب عينات عشوائية للتأكد من مطابقة وحداتها للمواصفات المقررة. ومن جهة ثانية، عندما يتطلب الأمر التعرف إلى الخصائص الميكانيكية والطبيعية للمنتجات، تحتاج الرقابة النوعية إلى ممارسة نشاط آخر وهو الاختبار الذي عرفه فيكنبوم كونه أسلوباً للتأثير على خصائص الوحدات المنتجة لغرض تحليلها في ظروف واقعية للتأكد من مطابقة المنتج للمواصفات المقررة.

هذا ويمكن القول بصدد مجمل ما سبق إيراده أن الرقابة النوعية تمثل، نظاماً يهدف إلى تأمين مستوى الأداء الفعلي ضمن المواصفات المعتمدة من خلال التعاون مع جميع الجهات ذات العلاقة بالنوعية، وباستخدام الأساليب الرياضية والإحصائية في تحليل نتائج الفحص والاختبار لاعتمادها في اتخاذ الإجراءات العلاجية والوقائية، بهدف تحسين نوعية المنتجات وتطويرها.

ثانياً: المبادئ الأساسية والتطبيقية للرقابة النوعية:

يتمثل مضمون الرقابة النوعية في مجموعة من الوسائل والأساليب التي تستخدم لمقارنة المنتجات الفعلية مع المواصفات المقررة وتحليل النتائج لاتخاذ الإجراءات العلاجية والوقائية بشأن الانحرافات الحاصلة وتلافيها مستقبلاً، وبناءً على ذلك يمكن تأشير ما يلي:

1- أن كفاءة نظام الرقابة النوعية وفاعليته تتجسدان بمدى الالتزام بالمواصفات المقررة بأقل التكاليف الممكنة حيث ينصب مفهوم الكفاءة على الاستغلال الأمثل للموارد المتاحة للمنشأة. أما الفاعلية فتتعلق بالعلاقة بني مخرجات النظام وبين أهدافه المخططة.

وفي مجال الرقابة النوعية، تحقق الكفاءة من خلال تقليل المعيب والتالف من المنتجات من خلال قيام الرقابة النوعية بالفحوصات المطلوبة وتقويم النتائج وتحليلها لغرض اتخاذ الإجراءات التصحيحية والوقائية لمنع تكرار الانحرافات وتحقيق الالتزام بالمواصفات، ومن جانب آخر فإن تقليل المعيب والتالف يؤدي إلى

تحسين مستوى جودة المنتجات أي زيادة فاعلية نظام الرقابة النوعية وذلك باعتبار أن تحسين مستوى جودة الإنتاج هو أحد الأهداف الرئيسية للمنشأة.

2- أن عملية الالتزام بالمواصفات المقررة تعتمد أساساً على مدى توفر المتطلبات الأساسية لإقامة نظام متكامل للرقابة النوعية.

وبنفس الاتجاه يؤكد (جيهن *Jaehn*) أن قياس كفاءة نظام الرقابة النوعية يستلزم أولاً التأكد من أن المتطلبات الضرورية البشرية منها والمادية متوفرة وذلك لكي يتسنى له القيام بأداء مهامه وفقاً لما هو مخطط.

وهنا تبدو نتائج الكثير من البحوث والدراسات متفقة على مجموعة المقومات التي يتطلب توافرها لتحقيق أهداف نظامك الرقابة النوعية، حيث يشير بهذا الصدد كل من (*Leonard & Sasser*) إلى ضرورة توافر المتطلبات الأساس لإقامة نظام الرقابة النوعية ومن هذه المتطلبات:

1- اعتبار النوعية أحد الأهداف التنظيمية، وهذا يعطي للنوعية اهتماماً متميزاً في المتابعة والتنفيذ من قبل المديرين في جميع المستويات فضلاً عن عدم اقتصار مسئولية النوعية على العاملين داخل أقسام الرقابة النوعية بل اعتبارها مسئولية كل فرد داخل المنشأة.

2- الدعم الاستراتيجي من الإدارة العليا لبرامج النوعية وضع السياسات الخاصة بها في التخطيط الاستراتيجي للمنشأة واعتبارها أحد الأنظمة الفرعية والأساس في تكامل النظام الإنتاجي فيها.

3- تطبيق مبدأ المشاركة في تطوير نوعية المنتجات من قبل قسم الرقابة النوعية بالتعاون مع الأقسام الإنتاجية في المنشأة، ويجب أن تكون هذه المشاركة مستمرة وغير محددة بفترة زمنية معينة أ، خاصة بمعالجة خالة معينة أو مجموعة من العاملين.

4- تطبيق مفهوم ضمان النوعية واعتبارها مسئولية إدارية تستهدف القيام بالتخطيط لجميع الإجراءات الضرورية في توفير الاختصاصات النوعية الإدارية منها والتكنولوجية لتنفيذ عمليات الفحص والتفتيش والإشراف والاستفادة من الاستشارات لتقليل الأخطاء والانحرافات ولتحقيق النوعية المطلوبة الأمر الذي يجعل المنتجات تتفق مع المواصفات التي يطلبها المستهلكون.

5- تقويم فعاليات الرقابة دورياً، وذلك بقياس مستوى أدائها للتعرف على مدى تحقيقها للأهداف المخططة واكتشاف نقاط الضعف سواءاً في تحديد هذه الأهداف أو اتخاذ الإجراءات اللازمة لرفع كفاءتها.

أما ما أورده الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية بشأن متطلبات الرقابة باعتباره الجهة المركزية المسئولة عن نوعية المنتجات في الصناعة العراقية، فيتمثل في إعداد دليل (للسيطرة النوعية المتكاملة) تنفيذاً لمهامه التي يأتي في مقدمتها النهوض بالاقتصاد القومي وتحسين الإنتاج الوطني إلى جانب ضرورة إيجاد مراجع عراقية معتمدة لمعايير القياس وطرق المعايرة. ويتضمن الدليل المتطلبات الأساسية لضمان النوعية حيث يؤشر:

1- وضع هيكل تنظيمي لإدارة النوعية يتلائم وطبيعة العمل في المنشأة مع وصف الوظائف لعاملين في ضوء السياسات النوعية وعلى مستوى جميع الأقسام ذات العلاقة في المنشأة المعنية.

2- إعداد دليل تفصلي للنوعية يتضمن المواصفات المحددة عن المراحل الإنتاجية كافة وعن تفاصيل الأساليب والطرق المستخدمة في الفحص والاختبار للمنتجات مع تحديد التفاوتات المسموح بها، لغرض التنسيق بين جميع النشاطات الخاصة بالنوعية لتحقيق الحد الأدنى للمواصفات المقررة.

3- دراسة المتطلبات الفنية والخاصة بالفحص والاختبار في جميع المراحل مع توفير الأدوات والعدد وفقاً للمتطلبات المعتمدة مع إجراء معايرة دورية لمختلف الأجهزة ضمن برنامج محدد ووفقاً لما تتطلبه مقتضيات العمل في المنشأة الصناعية. فضلاً عن دراسة متطلبات المستهلك وتوفير المواصفة في ضوء الأهداف النوعية عن طريق إعداد الدراسات الخاصة بالنوعية المطلوبة.

4- إعداد مواصفات خاصة بتوفير الظروف الملائمة لخزن المواد الأولية والمنتجات النهائية من درجات الحرارة والرطوبة والضوء فضلاً عن توفير الطرق والأساليب الملائمة لتحقيق الانسياب الكفء للمواد بين المراحل الإنتاجية بما يضمن النوعية المطلوبة.

5- التعريف بالخصائص النوعية للمراحل الإنتاجية المختلفة مع تحديد متطلبات كل خاصية من خواص النوعية في المرحلة المطلوب السيطرة عليها وعدد مرات الفحص والتفاوت المسموح بها لتحقيق مستوى النوعية المطلوبة.

6- تعد دراسة وتحليل العيوب الحرجة في الإنتاج والانحرافات عن المواصفات المعتمدة من المتطلبات الأساس للرقابة النوعية مع ضرورة توافر كوادر مؤهلة ذات خبرات نوعية في تحليل البيانات وتقويم النتائج. ثم تحسين النوعية بالتعاون مع الكوادر المتخصصة في الأقسام الإنتاجية في المنشأة.

7- توفير جميع التفاصيل المتعلقة بالمواصفات المعتمدة للمنتجات، ولكل نوعية وفقاً لاستخداماتها النهائية، ومنها مواصفات الأبعاد والمظهرية ومدى تحقيق درجة الاعتمادية المحددة في السلعة النهائية والخصائص التي يطلبها المستهلك فضلاً عن ترتيب المنتجات وتصنيفها بعد تقويمها إلى درجات مختلفة من الجودة وفقاً للمواصفات المعتمدة.

8- تقـوم الإدارة بتنظـيم دراسـات خاصـة بتحسـين النوعيـة مـع ضـمان تحقيـق الكفـاءة والاقتصاد في التكاليف وتشمل المجالات الآتية:

- تطبق الطرق الإحصائية في الفحص والاختبار وتحليل النتائج.
- استخدام الأساليب والطرق الحديثة في مجال تطوير وتحسين النوعية.

واستكمالاً لمتطلبات الأساس لنظام الرقابة النوعية نـرى ضرورة تصـميم نظـام لتقـويم أداء الرقابة النوعية، أخذين بالاعتبار أهمية إعادة النظر دورياً بنظامها إلى جانب المواصفات المعتمدة وذلك لغرض تحسين مستويات أدائه وفقاً لمعايير الكفاءة والفاعلية.

ومن الجدير الإشارة هنـا إلى أن راي كروفـر (*Crover*) بهـذا الصـدد يؤكـد أن الرقابـة النوعية بكافة فعالياتها من عمليات الفحص والاختبار التي تقوم بإجرائها، لا يمكـن أن تـؤدي إلى تحقيق الأهداف النوعية المطلوبة بدون تقـويم الأداء الفعـلي لنشـاطاتها وبهـذا الاتجـاه، نـرى أهميـة إيـلاء عمليـة احتسـاب تكـاليف الرقابـة النوعيـة الاهـتمام المطلـوب في ضـوء المواصفات المعتمدة والمتمثلة في تكاليف المرفوضات والتالف من الإنتاج فضلاً عن التكـاليف المتسببة عن الانخفاض في جودة بعض المنتجات وتحويلها إلى الدرجة الثانية من النوعية عند وضع نظام الرقابة النوعية وتصميمه.

ثالثاً: التخطيط للأهداف والسياسات النوعية:

يأتي تعزيز مكانة المنشاة الصناعية في الأسواق، تحقيقهـا للـربح (في حالـة كـون الـربح أحد أهدافها الرئيسـية) مـن خـلال تقـديم منتجـات بالنوعيـة المطلوبـة وبالسـعر المناسـب. ولتحقيق هذه الأهداف، يتطلب الأمر تحديـد المسـتويات النوعيـة المطلوبـة والتخطـيط لهـا لتوفير المتطلبات الضرورية وجعل المنشأة في استعداد تام لتنفيـذ تلـك الخطـط. ووفقـاً لهـذا الاتجاه فإن التخطيط النوعي في المنشأة الصناعية يتضمن وصف المجالات الآتية:

1- تحديد المكائن والمعدات والمواد الأولية إضافة إلى العمليات التصنيعية اللازمة لتحقيق المستوى النوعي المطلوبة.
2- اختيار الطرق والأساليب العلمية في السيطرة على العمليات ثم تحديد الأجهزة اللازمة لإجراء الفحوصات والاختبارات المحددة.
3- التخطيط لتوفير نظام معلومات لغرض تداول المعلومات بين الأقسام المختلفة بالسرعة والدقة المطلوبة.
4- التخطيط للأسس المعتمدة في التعبئة والتغليف للمنتجات.
5- تحديد الخبرات والمهارات المطلوبة في مجال النوعية وضع سياسة لتطويرها باستمرار.

وتأسيساً على ما سبق يمكن القول أن مهام الرقابة النوعية تتعلق بجميع الأقسام والإدارات داخل المنشأة عند قيامها بالتخطيط للسياسات والأهداف النوعية. ويشير فيكنبوم (*Fiegenbaum*) بهذا الصدد إلى أن الإدارة العليا بحاجة إلى معلومات لتحديد إطار القرارات النوعية وذلك في المجالات الآتية:

1- معلومات عن آراء الفاحصين مروراً بجميع العمليات الصناعية والخدمات المقدمة وحتى وصول السلعة النهائية إلى المستهلك. وتمثل هذه الحدود المساحة التي يستطيع فيها المدير التحرك بحرية لاختيار البدائل باتجاه تحقيق أهدافه النوعية، فضلاً عن أن هذه المساحة تعد أحد المداخل المطلوبة في صياغة العناصر الجوهرية في السياسة النوعية للمنشأة.
2- معلومات عن المشكلات النوعية التي تصادف المنتجات سواء خلال المراحل الإنتاجية أو في حالة استعمال المستهلك لها وهي تتطلب خدمات خاصة لضمان سلامتها في أثناء الاستخدام، فضلاً عن أن هذه المعلومات تفيد المنشأة في تحديد أسباب هذه المشكلات وتلافيها مستقبلاً.

3- معلومات تتوافر في صورة تقارير ترفع مـن الأقسـام المختلفـة وذلـك عنـد تـوافر فـرص مناسبة للعمل باتجاه إحداث تطوير في نوعية المنتجات فضلاً عـن المعلومـات المتعلقـة بمجهزي المواد.

إن هذه المعلومات تبقى ضرورية لـلإدارة العليـا في التعـرف عـلى العوامـل المـؤثرة في السياسات النوعية قبل تحديدها فضلاً عن إمكانيتها في تجهيز البدائل لمقابلـة الحـالات التـي تتوقع فيها الإدارة ظهور مشكلات تعوق عمليـة تنفيـذ تلـك السياسـات المتعلقـة بالأهـداف النوعية والأساليب الخاصة بتطـوير هـذه الأهـداف لغـرض المحافظـة عـلى مسـتوى النوعيـة المطلوبة.

ومن الجدير بالذكر هنا أن تفصيل الأهداف العامة على مستوى أقسام الرقابة النوعية يختلف بـاختلاف الـنمط الإداري السـائد في المنشـأة. فكثـير مـن المنشـآت تسـتخدم مـدخل المشاركة ويسمى (الإدارة بالأهداف) وفي هذه الحالة يتم وضع الأهداف بعـد مناقشـتها مـع جميـع الأقسـام ذات العلاقـة مثـل أقسـام التصـميم والنوعيـة والإنتـاج، فضـلاً عـن أقسـام المشتريات والتسويق، ويتم دراسة هـذه الأهـداف مـع ملاحظـة التغـيرات والتطـورات التـي تحصل في هذا المجال. إلا أن الصياغة المفصلة للأهداف النوعية عـلى مسـتوى أقسـام الرقابـة النوعية لها الدور الكبير في المحافظة على المستويات النوعية المتفق عليها، حيث تصبح بمثابة الدليل أمام العاملين لمطابقة الأداء الفعلي مع بنود الخطة الخاصة بهذه الأهداف.

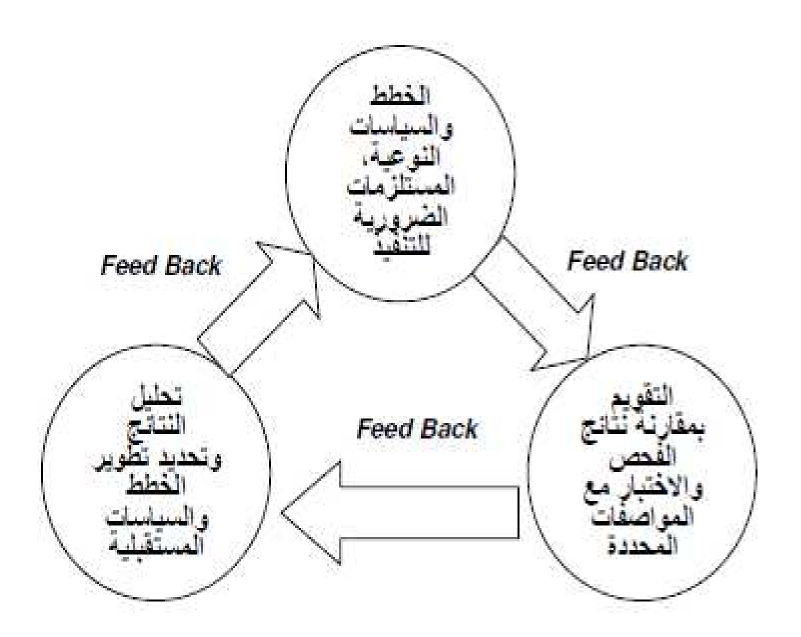
أما فيما يتعلـق بـأنواع الأهـداف النوعيـة في المنشـأة الصـناعية، فقـد صـنفها جـوران (*Juran*) إلى:

1- أهداف التقدم المفاجئ

2- أهداف الرقابة

تتعدد المتطلبات اللازمة لتخطيط أهداف التقديم مقارنة بالتخطيط لأهداف الرقابـة، من حيث المتغيرات المطلوب أخذها بنظـر الاعتبـار تلـك التـي تتعلـق بالاتجاهـات العلميـة والثقافيـة والاقتصـادية. إذ يشـمل التخطـيط لأهـداف التقـدم الحـالات المتعلقـة باكتشـاف مشاريع جديدة إلى جانب التطورات المستمرة في المكائن والمعدات والأجهزة المستخدمة ومـا يقابل ذلك من ضرورة توجيه العاملين داخل المنشأة وتطوير مهاراتهم لاستيعاب هذا التقـدم وأبعاده. أما التخطيط لأهداف الرقابة النوعية فيشمل التعريف بكافة المصطلحات والمقاييس وتصميم طرق القياس والمقارنة مع المواصفات المعتمدة.

وهذا ويوضح الشكل التالي النشاطات الرئيسة لنظام الرقابـة النوعيـة، والتـي تتضـمن التخطيط لوضع الخطط وتحديد الأهداف وفقاً للسياسة النوعية في المنشأة مع تحديد جميع المتطلبات الأساسية لتنفيذ تلك الأهداف. ثم يتم التقيـيم لعمليـة تنفيـذ الخطـط مـن خـلال المقارنة بين نتائج الفحص والاختبار للمنتجات الفعلية مـع المواصـفات المحـددة. هـذا ويـتم تحليـل النتـائج لغـرض التعـرف عـلى النوعيـة الفعليـة وتحديـد المسـببات للانحـراف عـن المواصفات، وتعد هذه النتائج الأساس الذي يعتمد عليه في التخطيط الجديد وبذلك تتكامـل النشاطات الثلاثة في نظام لتتبادل المعلومات بينها من خلال التغذية العكسية.



دائرة التغذية العكسية في نظام الرقابة النوعية

وعليه فإن عملية التخطيط النوعية تعد الصمام المنظم للعملية الإنتاجية الأمر الذي يستوجب أن يكون التخطيط متجدداً بما ينسجم والتطور التكنولوجي الحاصل في جميع المجالات، أضف إلى ذلك إمكانية تحقيق المنتجات بالنوعية المطلوبة من قبل المستهلكين.

رابعاً: تنظيم أنشطة وفعاليات الرقابة النوعية:

أعقب التحول البارز في طبيعة الرقابة النوعية اتخاذ الإجراءات اللازمة في استخدام الطرق العلمية والإحصائية لمواجهة التوسع الحاصل في نشاطاتها ومسئولياتها وذلك من خلال تطبيق النظام المتكامل للرقابة النوعية على العمليات الإنتاجية كافة. ولتحقيق هذا الهدف بكفاءة، يتطلب الأمر تنظيم عليمة الرقابة على النوعية في الهيكل الإداري للمنشأة الصناعية بما يؤمن لها الصلاحيات بالمدى الذي يمكنها من تنفيذ مهماتها بالدقة المطلوبة، دون الاستسلام إلى المؤثرات التي تمارسها الإدارات الأخرى أو التأثر بها وحيث أن مسئولية الإنتاج بالنوعية

المطلوبة في أية وحدة صناعية هي مسئولية جماعية يشارك فيها جميع العاملين ولكي تتحقق هذه المسئولية لابد من تخطيط سليم للعملية الإنتاجية، ينشأ عنه تنظيم جيد قدر على تحمل المسئولية وتنفيذها.

وفي هذا الاتجاه، أورد كل من (*Peter & Oliva*) أن تحديد مستوى النوعية للمنتج المطلوب ليس مسئولية نظام العمليات فحسب، بل أنه يمثل استراتيجية أو قرارات إدارية تؤثر في العلاقات الخارجية للمنشأة واتجاهاتها فعلى الرغم من أن خصائص نظام العمليات يشترط نوعاً من المدخلات في ضوء القرارات النوعية، ويكون الاعتبار الأول دائماً للحفاظ على المخرجات المطلوبة، ويتحقق ذلك. بوجود إدارة مستقلة للرقابة النوعية بين الإدارات الرئيسة في المنشأة الصناعية. لذا، يمكن القول أن ملاءمة السلعة للاستعمال والثبات عليها ضمن نظام داخل المنشأة يتطلب ما يأتي:

1- الإدراك الحقيقي لأعمال الرقابة النوعية واستيعاب مضمونها من قبل الأقسام والإدارات داخل المنشأة.

2- وجود تنظيم ملائم لأعمال الرقابة النوعية.

وعليه فإن الرقابة النوعية ليست مجموعة الإجراءات الإحصائية لرصد الأخطاء وكشف الانحرافات، بل ينبغي فهمها على أنها عملية فنية منظمة تهدف إلى التغلب على الصعوبات الطارئة في العملية الإنتاجية، فضلاً عن كونها رقابة مانعة تنبه على الخلل قبل وقوعه، من خلال توفير المعلومات اللازمة لاتخاذ الأساليب الإجرائية لمنع الانحرافات. أما تنظيم نشاطات الرقابة النوعية فتعتمد أساساً على حجم الأعمال التي تقوم بها المنشأة الصناعية. لذا يختلف التخطيط الملائم لأعمالها وتنظيمها من منشأة إلى أخرى تبعاً لاختلاف الأهداف التي ينبغي تحقيقها. وبجانب ما تقدم تبرز عوامل أخرى تحدد أسلوب تنظيم الأنشطة والفعاليات الخاصة بالنوعية ونذكر منها:

- الاستعمال النهائي والفعلي للمنتجات.
- سعر البيع.

حيث أن اختيار نقاط الفحص والرقابة في المناطق الاستراتيجية للعمليات الإنتاجية وتحديد الفحوصات اليومية، يعتمد أساساً على نوعية الاستخدام للمنتجات إضافة إلى مدى زيادة سعر البيع للوحدات المنتجة في حالة زيادة تكاليف الرقابة النوعية.

وتأسيساً على ما تتقدم، بعد مضمون لمهام الملقاة على عاتق القائمين بالتقييس والرقابة النوعية في المنشأة الصناعية واحداً في جميع المنشآت. لكنه يتباين من حيث حجم العمل ومدى اعتماد المواصفات الوطنية والدولية أو القيام بإعداد المواصفات المصنعية وتوزيعها على الأقسام ذات العلاقة بالنوعية داخل المنشأة.

إذ تعد هذه المواصفات من المتطلبات الأساس لنظام الرقابة النوعية في تنفيذ مهامه، في الوقت الذي يعتمد التقييس على الرقابة النوعية للقيام بفعالياته الرئيسية، وهي:

1- إعداد المواصفات.
2- إصدار المواصفات.
3- الإشراف على تطبيقها.

ويضيف جوران (*Juran*) بهذا الصدد ليؤكد أن إعداد المواصفات وإصدار المعلومات عنها وتعريف جميع الإدارات والأقسام داخل المنشأة بها يعد ضمن مسئوليات الرقابة النوعية في المنشأة الصناعية وخاصة تلك التي تتبنى المواصفات المصنعية. وهكذا، فإن الأعمال التي تقوم بها الرقابة النوعية من عمليات الفحص والاختبار ومقارنة نتائجها مع المواصفات المعتمدة وتحليل تلك النتائج تعد الأساس

الذي تعتمد عليه جهة التقييس في الإشراف على تطبيق المواصفات ومدى الالتزام بها. ومن جانب آخر فإن التقييس يعد الأداة الفعالة في تطوير وتحسين النوعية. من خلال تخفيض التنوع، والتبسيط في العمليات التصنيعية، وهذا يؤدي بدوره إلى اختيار النوعية الملائمة من المواد الأولية والمتطلبات الأخرى للعمليات الإنتاجية.

أما تنظيم فعاليات التقييس داخل المنشأة الصناعية، فيمكن أن يكون التقييس جزءاً من مهام الشئون الفنية في المنشأة الصناعية. لكن المنشآت الكبيرة تحتاج إلى إدارة مركزية للتقييس تتحمل مسئولية تسيير وتنسيق فعاليات التقييس.

وعليه فإن إضافة أي نشاط يتعلق بالنوعية، ومنها التقييس، إلى الهيكل الإداري للمنشأة الصناعية، ولغرض الاستفادة من هذا النشاط باعتباره المحرك الأساس للعمل الصناعي لابد من الاعتماد على أحد الأساليب الآتية في تنظيمه:

1- إحداث قسم جديد بإدارة مستقلة (إدارة التقييس)، ترتبط بجهة إدارية مناسبة للإشراف عليها ومتابعة أعمالها.

2- تطوير أعمال قسم الرقابة النوعية ليتضمن أعمال التقييس في المنشأة الصناعية.

واستطراداً مع هذا المضمون، وللاستفادة من فعاليات التقييس في المنشأة الصناعية، يجب أن تتخذه هذه الفعاليات شكلاً ديناميكياً وفقاً للظرف والحالات المطلوبة، كما يجب أن لا تقتصر على مادة أو مرحلة إنتاجية معينة بل يجب أن تمتد إلى جميع المجالات بما يسهل سير العمليات داخل المنشأة، وبما يجعل جميع الأقسام والإدارات تتعاون فيما بينها استناداً إلى المواصفات والمقاييس المعتمدة. أما فيما يتعلق بموقع الرقابة النوعية في الهيكل التنظيمي فالملاحظ أن المنشآت الكبيرة أو الصغيرة تسعى إلى استحداث وحدة أو قسم للرقابة النوعية، تناط به مسئولية الاضطلاع بتنظيم عملية الرقابة النوعية على مختلف مراحل التصنيع ومتابعة تقويم الانحرافات الناشئة عن عدم التطابق بين المنتجات والمعايير القياسية الموثقة في

التراخيص التكنولوجية ووثائقها، أو بحسب ما هو مثبت في عقود التجهيز، إذ تتطلب الحال التحقق من مواصفات المواد الأولية ومدى مطابقتها للمعايير التقنية، فضلاً عن التثبت من الطرق المتبعة أو المستخدمة في العملية الإنتاجية بمراحلها كافة بالإضافة إلى كل ما يتعلق بالإنتاج باتجاه تأمين مستوى النوعية المستهدف في المنتج النهائي، وترتيباً مع هذا التوجه فإن وحدة الرقابة النوعية تبدأ نشاطها بعمليات توقع عقود التجهيز كيما تحدد فيها مستويات النوعية لكل مخرجات الإنتاج ضمن المؤشرات الفنية – الاقتصادية القياسية، وتنسيق ذلك بتوفير البيانات والمعلومات عن الانحرافات في المنتجات السابقة ونسبتها وأسبابها، وتقوم بتقديمها إلى الإدارة الإنتاجية وترفق معها مقترحاتها الملائمة لاعتمادها أساساً لتحسين وتطوير الإنتاج وتأمين مخرجاته بالجودة المطلوبة، حتى يمكن في ضوئها معالجة متطلبات الحفاظ على الجودة عند التعاقد على تجهيز معدات أو آلات تكميلية، ومواد أولية ومساعدة وتضمين هذه الاشتراطات كافة العقود المبرمة مع الجهات الأجنبية الموردة، مع التأكيد على انتفاء فن وتقنية الإنتاجية ووسائله، ومهارة القوى العاملة باعتبارها مجتمعة تشكل جوهر عمل وحدة الرقابة النوعية، ولا يمكن اعتبار عملها منتهياً بانتهاء العملية الإنتاجية وتدفق السلع بالمواصفات القياسية ووصلها إلى يد المستهلكين، ذلك أن عملها يظل مسمراً متداخلاً، فما تكاد تنتهي من مواصفات إنتاجية مخططة، إلا لتبدأ بأخرى قد تكون من نفس الخصائص في التركيبة الإنتاجية أو من تشكيلة إنتاجية ذات خواص مغايرة للأولى، لكنها في الإطار الفني – الاقتصادي تنتج بالمواصفات القياسية المعتمدة، محلية كانت أو دولية.

والجدير بالذكر أن هذه الوحدة، يمكن أن تكون في الهيكل التنظيمي لإدارة الإنتاج، بيد أن ذلك قد يؤثر على كفاءتها في إنجاز مهمتها بسبب خضوعها إلى تأثير هذه الإدارة الأمر الذي جعل المنشآت المعنية تميل إلى إبقائها قسماً مستقلاً بذاته، ويقع على المستوى التنظيمي نفسه لإدارة الإنتاج والإدارات الأخرى، بما

يجعل مديره عضواً في مجلس الإدارة أو الهيئة الاستشارية، ونميل إلى مثل هذا التوجه لاقتناعنا بأن الاستقلالية عن إدارة الإنتاج ستؤمن الصلاحيات الممنوحة لإدارة قسم الرقابة النوعية بالمدى الذي تمكنه من تنفيذ مهماته بالدقة المطلوبة دون الاستسلام إلى وطأة الضغوط والمؤثرات التي تمارسها عليه إدارة الإنتاج، وما يمكن أن تثير بوجهه من معوقات تحول دون تحقيق واجباته، مع ما يترتب على ذلك من قصور كفاءته وعجز قدرته عن تنفيذ مسئوليته المهمة وينبع هذا التسويغ العلمي من قناعتنا بأن الرقابة النوعية على الإنتاج لا يمكن اعتبارها عملية تهدف إلى تحقيق صيغة التطابق بين المنتجات والمواصفات النوعية وتأشير الانحراف عنها أو تجاوز المدى المسموح به فقط، بل هي عملية أوسع من ذلك عندما تكون الرقابة مانعة (وقائية)، أو تحذيرية تنبه على الخلل قبل وقوعه، وتعمل على توفير المعلومات اللازمة للإدارة ذات العلاقة حتى تستطيع اتخاذ الإجراءات المناسبة في الوقت الملائم.

وخلاصة ما تقدم، فإن أسلوب تنظيم مهام الرقابة النوعية داخل المنشأة الصناعية يقوم على تبعية نشاطات الرقابة النوعية إلى الجهة الإدارية التي تقوم بمراجعة التقارير الخاصة بنتائج الفحوصات، حيث يعد ذلك الأساس في تعزيز موقف هذه الإدارة بين الإدارات والأقسام الأخرى داخل المنشأة. وتبقى مسئولية الإدارة العليا في التأكد من أن الخطط والسياسات النوعية قد تم تصميمها ووضعها موضع التنفيذ، وتم ذلك بمتابعة تقارير النوعية مباشرة لاتخاذ الإجراءات اللازمة في حالة أي أخفاق خارج الحدود المسموح بها.

حيث ظهرت حديثاً بعض التغييرات في اتجاه أعمال الرقابة النوعية التي يشير إليها ليونارد وسازير (*Leonard & Sasser*) بتأثير من واقع المنافسة والانتشار الواسع في حجم الأسواق العالمية، الأمر الذي أدى إلى خلق ضغوط قوية على الإدارات في إحداث بعض التغييرات المهمة، والتعديلات في الإدارة النوعية

سواء على مستوى ربطها بأعلى جهة تنظيمية في المنشأة أو على مستوى تنظيم أعمالها داخل أقسام النوعية.

بالإضافة إلى ما سبق، فقد تحول اتجاه فعاليات النوعية من الاعتماد على الفحص فقط للحفاظ على مستوى النوعية المطلوبة إلى تبني الإدارة للتخطيط الاستراتيجي للنوعية واتخاذ الإجراءات الوقائية لمنع الانحراف قبل وقوعه ناهيك عن الدراسات المستمرة للسلعة ومتطلبات العملية الإنتاجية لغرض كشف مجالات تطوير النوعية وتحسينها.

لقد أدركت الإدارة العليا في الكثير من المنشآت الصناعية أهمية القرارات المتعلقة بالمقارنة بين النوعية المستهدفة وتكاليف السيطرة عليها مع الاستعانة بأحدث الأساليب الكمية في الحصول على أفضل القرارات.

وعلى الرغم من كل هذه التعديلات وما سبقها من آراء تبقى النوعية في إطار مسئولية جميع الإدارات والأقسام داخل المنشأة الصناعية. واتساقاً مع هذا الدور المتميز للرقابة النوعية فإن ربطها تنظيمياً وإدارياً بالإدارة العليا سوف يعزز من موقع هذه الإدارة بين الإدارات الأخرى داخل المنشأة الصناعية، أضف إلى ذلك تسهيل مهام الإدارة النوعية في توفير متطلبات الرقابة النوعية في:

1- تعريف وتوضيح الأهداف النوعية للعاملين كافة في المنشأة وفي ضوء السياسة النوعية للإنتاج.
2- التخطيط لتدريب العاملين في مجال النوعية لغرض قيامهم بمهامهم بكفاءة.
3- القيام بتدقيق منتظم لظروف خزن المواد الأولية لغرض المحافظة على نوعيتها.
4- وضع الأسلوب المناسب لتبليغ الأقسام الإنتاجية بمجالات عدم المطابقة مع المواصفات المعتمدة والتعاون معها في تصحيح الانحرافات.

وتأسيساً على ما سبق باتجاه جعل قرارات الرقابة النوعية كثر تأثيراً وفاعلية في تنفيذ مسئولياتها في المنشأة الصناعية، نرى ما يلي:

1- أهمية ربط الرقابة النوعية إدارياً بالإدارة العليا التي تقوم بمتابعة تنفيذ السياسة النوعية للمنشأة بصورة مباشرة.
2- ضرورة اتساع مدى الصلاحيات الممنوحة لإدارة الرقابة النوعية في معالجة الحالات الخاصة باستمرار الانحرافات عن المواصفات المعتمدة، أو زيادة نسبة المعيبات والتالف من الإنتاج عن النسبة المسموح بها واتخاذ القرار المناسب آنياً.
3- زيادة فاعلية الاتصالات بين الرقابة النوعية والأقسام الإنتاجية في المنشأة الصناعية.

أشكال الرقابة النوعية وأساليبها:

لقد برهنت تطبيقات الإحصاء الرياضي من خلال نظرية الاحتمالات على أن أي نشاط لا يمكن أن يكن في حالته المثلى (بدرجة 100%) من الجودة لأن مجموعة من المتغيرات الداخلية والخارجية تتداخل لتؤثر في المعايير والمقاييس التقنية – الاقتصادية المعتمدة للإنتاج، التي تتحدد في ضوئها نوعية المنتجات المرغوب توافرها، وهكذا فإن النظام الإنتاجي مهما كان متقدماً ومزوداً بأحدث طرائق الإنتاج وتقنياته، لا يمكن أن يعمل بمعزل عن نظام الرقابة النوعية، لكون الآخر يمثل أداة تقييس فني ونوعي لرصد الانحرافات عن الضوابط والمعدلات المؤشرة للمواصفات الإنتاجية لكل سلعة منتجة، وهو بذلك كاشف وقائي وعلاجي لمنع التجاوز على الحدود المسموح بها في إطار النوعية المرغوبة، إذ يجيز الكميات المنتجة بعد الفحص إذا كانت في مستوى المواصفات الجيدة المحددة وذلك في ظل الكلفة الاقتصادية، في الوقت الذي يحول دون إجازة استمرار العملية الإنتاجية عند ظهور حالات الانحراف والخروج عن حدي السماح (الأعلى والأدنى).

ومـن المفيـد أن نشـير إلى أن الوسـائل المسـتخدمة في الرقابـة النوعيـة تختلـف تبعـاً لاختلاف طبيعة الإنتاج والتكنولوجيا المستخدمة، ومن ثم درجة النوعية المرغوبـة بمخرجـات العملية الإنتاجية، ويكن أن نستعرض هذه الوسائل على النحو الآتي:

أ- وسائل عامة (تكون في الغالب يدوية) وتستخدم في الرقابة على المنتج الفريـد أو على دفعة إنتاجية صغيرة.

ب- وسائل خاصة يدوية للرقابة على الإنتاج الكبير.

ج- وسائل ميكانيكية تستخدم غالباً في الإنتاج المستمر.

د- وسائل أوتوماتيكية للرقابة على أدق التفاصيل في السلعة وأجزائها.

وتقوم بفرز السلع المعيبة عن تلك المطابقة للمواصفات المعيارية. لقد تطورت وسائل الرقابة النوعية مع تطور وسـائل الإنتـاج نفسـها، فحيـثما كانـت الأخـيرة أوتوماتيكيـة كانـت وسائل الرقابة النوعية، لكونها في الغالب تجهز معها، الأمـر الـذي يعنـي جعـل المراقبـة عـلى الإنتاج (نوعياً) مرافقة لمراحل الإنتـاج مهـما تعـددت، وهـذا مـا يمنـع الاسـتمرار أو مواصـلة تصنيع أية سلعة إلى المرحلة النهائيـة، إذا مـا ظهـر فيهـا عيـب نـوعي في أيـة مرحلـة سـابقة للمراحل الإنتاجية اللاحقة، ومن هنا تنخفض نسبة كبـيرة في النفقـات التـي يتحملهـا المنـتج بحكم تجنب إنتاج السلعة المرفوضة، وغالباً ما تكون الأضـوية أو الأجـراس المـؤشرات المعـدة لتنبيه العاملين إلى وجود عيب في مرحلة ما على خـط إنتـاجي معـين بمـا يتـيح لهـم الفرصـة المواتية للتدخل وتدارك الأمر في الوقت الضروري. هذا وتتعدد أشكال الرقابة النوعية بحسب الآتي:

1- بحسب المراحل التكنولوجية لتصنيع السلعة:

أ- الرقابة الأولية:

يتم العمل بها قبل البدء بالإنتاج، باتجاه منع أي انحراف لاحق قد ينشأ بسبب عدم مطابقة المواد الأولية للمواصفات النوعية القياسية أو نتيجة عدم ملاءمة وسائل الإنتاج المستخدمة من حيث استيفاؤها شرط التناسب مع المقاييس المعيارية المعتمدة.

ب- الرقابة الداخلية:

وتمارس في أثناء مراحل التصنيع لمعرفة مدى إنجاز العمل وفق الضوابط النوعية، والوقت المحدد له يكون في نهاية كل مرحلة من مراحل التصنيع بغية إيقاف عملية مداومة الإنتاج في المراحل الآتية إذا كان الإنجاز في المرحلة السابقة غير مشجع على تتابع المراحل اللاحقة باعتماد المقاييس المحددة.

ج- الرقابة التنفيذية:

وتجري بعد مجموعة متجانسة من العمليات والفعاليات قبل الانتقال إلى مرحلة تالية، وتكون ذات كلفة عالية، ويعني الاستمرار بالإنتاج المعيب ودخله في هذه المرحلة الوقوع في خسارة كبيرة، ولذلك تتم عملية الرقابة التنفيذية قبل هذه المرحلة من أجل استبعاد السلع المرفوضة وتحاشي الكلف غير المسوغة اقتصادياً، وتعد التكاليف الناتجة عن إجراءات الرقابة في هذه الحالة ذات مردود ملموس لأنها تحول دون حدوث خسائر مؤكدة.

د- الرقابة النهائية:

ويشرع بها بمعاينة السلع التي اجتازت مراحل الإنتاج ف قيم معين أو خط إنتاجي بعينه، قبيل انتقالها إلى قسم أو خط إنتاجي ثان، أو إلى المخازن. والمسئولية التي تنهض بها وحدة الرقابة هذه من الأهمية بمكان، إذا أنها تتعامل مع المنتجات في المرحلة الأخيرة التي تعني تحرك السلع (بعد فحصها والتأكد من سلامة نوعيتها) من المنتج إلى المستهلك الوسيط أو النهائي.

2- بحسب موقع عمل الرقابة النوعية:

أ- الرقابة الثابتة (المحطات):

وتنجز في نقاط أو محطات ثابتة محددة ويستخدم هذا الأسلوب من الرقابة في المجالات الآتية:

- الرقابة على نوع واحد من السلع بكميات كبيرة (الإنتاج النمطي).
- بعد الانتهاء من كافة مراحل التصنيع، وقبل تسليم البضاعة (السلعة) إلى المخازن أو إلى سوق الاستهلاك.
- في حالة القيام بإجراءات رقابية متخصصة جداً، تتطلب توفر شروط متميزة مثل العزل الصوتي، أو ضرورة استخدام وسائل الرقابة على السلع وهي في حالة ثبات (حالة الوقوف)، بسبب طبيعة الوسائل والأجهزة الرقابية وخصائص أسلوب عملها.

ب- الرقابة المتحركة:

تستعل بطريقة لا تستدعي دخول السلع في محل ثابت كيما تجري عليها إجراءات الرقابة بهدف الفحص وضبط الجودة، وتستخدم هذه الرقابة في مثل هذه الحالات التالية:

- المنتجات الكبيرة ذات الحجوم الثقيلة صعبة النقل.
- عندما تكون كميات السلع صغيرة جداً لا تستدعي وجود محطة رقابة متخصصة.
- إذا كانت وسائل الرقابة وأجهزتها قابلة على الحركة والتنقل إلى حيث مكان وجود السلعة. أو بمعنى أدق، عندما تكون هذه الأجهزة والوسائل ليست بحاجة إلى موقع ما للقيام بأعمالها.

3- بحسب مدى الرقابة وشمولها:

أ- الرقابة الكلية:

تخضع كافة السلع طبقاً لهذا الأسلوب إلى تقييم إجرائي للرقابة النوعية، ويتم اعتماد مثل هذا الأسلوب عادة عندما تكون ثمة اختلافات في نوعية المواد الأولية المجهزة، وكذلك حينما تفتقر العمليات الصناعية لخاصية الثبات والاستمرارية بالمستوى النوعي من الإنجاز ذاته وانسجاماً مع هذا الترتيب تعتمد هذه الصيغة الرقابية على النوعية بعد سلسلة من العمليات التي تتصف بأهمية بالغة، وتعتمد على نوعية المنجز وما سينجز من منتجات في مراحل سابقة ولاحقة أيضاً، فضلاً عن اعتمادها في حال ارتفاع نسبة المعيبات في مجموعة العمليات الصناعية الجارية.

إن مثل هذا الأسلوب من الرقابة وبخاصة عندما تكون نسب المعيبات (السلع المرفوضة) مرتفعة، يحمل المنشأة الصناعية كلفاً عالية حتماً، أو ربما لا يتاح لمثل هذا الإجراء الوقائي موقف ينسجم مع هدفها (هدفه)، إذ ما كان المرفوض من المنتجات (خارج حد المسموحات الفنية القياسية والاقتصادية) متمثلاً بعدم صلاحية السلعة بشكل قاطع، الأمر الذي يعد معه القبول باستمرار الإنتاج ضرباً من المستحيل.

ب- الرقابة الجزئية:

تستخدم في الغالب للتحقق من بعض الخواص الميكانيكية أو الكيماوية للسلعة، وتشمل على فحص جزء أو أجزاء معينة من السلعة دون غيرها وبخاصة عندما تكون كميات السلع كبيرة وتتميز العمليات الصناعية بثبات مقبول في الإنجاز النوعي، وغني عن القول، أن هذا الأسلوب من الرقابة يعتمد وينفذ بعد مجموعة من العمليات الصناعية التي ليست لها آثار مباشرة على جودة الإنجاز وكفاءته في العمليات التالية لها، ويقتصر عملها على اختيار بعض العينات من كل دفعة إنتاجية من السلع لأغراض الفحص الرقابي والتطابق مع مستويات النوعية، وإذا كانت

العينات إيجابية بعد اجتيازها الاختبارات المطلوبة، فإنها تعد دفعة إنتاجية سليمة مسموحاً بها لمطابقتها المواصفات. أما إذا حدث العكس واكتشفت نسبة معيبة من العينات، فتخضع حينئذ الدفعة بكاملها لإجراءات الرقابة الكلية.

ج- الرقابة الإشرافية (التحققية):

تسمى بالرقابة المعادة أيضاً، حيث تتم الإجراءات الرقابية مرة ثانية (أخرى) على السلع نفسها التي سبق أن خضعت للإجراءات ذاتها وتنهض بذلك لجان متخصصة تشكل بقرار من الإدارة العليا للمنشأة الصناعية في فترات زمنية محددة، أو في حال ردود شكاوى من المستهلكين أكثر من المعتاد، ولو حدث أن اكتشفت مرفوضات ما، فإن الدفعة كلها تخضع للفحص الرقابي، أو ربما يدعو الموقف إلى إعادة النظر في الإجراءات الرقابية كلياً، والتثبت من كفاءة أدائها، ومثل هذا الأمر إيجابي بلا أدنى شك لأنه يساعد على ضمان المستوى النوعي المستهدف، ويضع القسم المختص على محك مصداقية العمل المتكامل والإنجاز الجيد في مستوى عملياته الإنتاجية المقبلة.

د- الرقابة الإحصائية (العينات):

يعتمد هذا النوع من الرقابة الإحصائية على التعامل مع العينات ونختار هذه العينات عن طريق الملاحظة المنتظمة للمستويات النوعية في أثناء العملية الإنتاجية، وبالتالي يتم عرضها على اختبارات الرقابة النوعية، ويتأثر عدد العينات المنتقاة في الغالب بنوعية العمليات التكنولوجية المستخدمة في المنشآت الصناعية، وهي حقيقة ثابتة لا يمكن تجاهلها والجدير بالإشارة هنا أن الاختيار العشوائي للعينات قد يحتمل الخطأ، غير أن ذلك يتوقف على مدى تمثيل العينة لمجتمعها الإحصائي الذي سحبت منه وتجانسها معه. وتتسم النتائج المستخلصة من هذه الطريقة بصواب نسبي، إلا أن الدقة التي يمكن تحقيقها تعتمد على العينة ذاتها ومدى مطابقتها لمجتمعها الأساسي، وتتميز هذه الوسيلة كذلك بكونها تتيح التوسع

في مجال البحث والتحري، وتساعد في الوقت عينه على سرعة جمع البيانات وتنسيقها وإعلان النتائج، بالإضافة إلى توفير الجهد والوقت والكلف.

طرق الرقابة النوعية على الإنتاج:

1- طريقة الرقابة الإحصائية:

يلجأ إليها إذا كان الإنتاج كبيراً بهدف الإفادة من معطيات التحليل الإحصائي لمستويات النوعية التي هي بالضرورة محصلة لمخرجات العمليات التكنولوجية لصناعة سلعة ما، وتستهدف هذه الطريقة تحقيق:

أ- تحديد درجة ثبات نوعية الإنجاز للعمليات التكنولوجية، وتأثير العوامل المؤثرة عليها مثل (المواد الأولية، والآلات المستخدمة، ومهارة الأيدي العاملة... إلخ).

ب- وضع المعايير التقنية والتنظيمية التي تؤمن شروط الإنجاز بالنوعية المطلوبة.

ج- تحديد مراحل العمليات التكنولوجية والمواقع التي تجري فيها عملية الرقابة النوعية، ومن ثم دراسة ضرورة ذلك من خلافه بما يساهم إلى حد كبير في خفض كلف الرقابة، وتعتمد مثل هذه الدراسة على حسابات تقنية - اقتصادية، يقوم بها متخصصون ذوو كفاءة وخبرة متقدمة.

إن طرق السيطرة الإحصائية يمكن تطبيقها بين المراحل الصناعية، أو بين العمليات الصناعية، أو في خواتيمها وترتكز على معرفة طريقة الإنجاز وتحديدها ونوعية ذلك في هيئة المنتج النهائي، وإن الخاصية المهمة في استخدام الطرق الإحصائية هي العينات التي تعني خضوع تلكم العينات (النماذج) المختارة من دفعة الإنتاج لاختبارات ضبط الجودة بغية تحري المطابقة مع المواصفات القياسية. وكيما يصبح بالإمكان اعتماد هذا الأسلوب، يتعين توافر جملة أسس، نذكر أهمها بالترتيب:

1- السلع التي يتبع في إنتاجها أسلوب الإنتاج الواسع.

2- ألا تكون لوحدة السلعة كلها أهمية كبيرة (كالأهمية المعطاة للكمبيوتر وطيارة نقل الركاب) ولا يتطلب وضعها درجة عالية من الدقة.

3- ثبات نوعية الإنجاز للعمليات التكنولوجية.

4- أن تكون تكاليف إنتاج السلعة أكبر من تكاليف الرقابة نفسها وبنسبة كبيرة.

5- أن يكون حجم الدفعة مناسباً بحيث يهيئ الفرصة لاختيار عينات الفحص الإحصائي.

6- عندما لا يكون ممكناً استخدام أسلوب رقابي أكثر اقتصاداً.

وبتعدد الطرق الإحصائية، فثمة مجموعة من الفوائد المهمة، منها على سبيل المثال:

- إن لطرق الإحصائية تقلص حجم العمل اللازم لإجراءات الرقابة النوعية باعتماد الطرق التقليدية، وفضلاً عن ذلك فهي تعمل على الاقتصاد باقتناء واستعمال الأجهزة والآلات الخاصة بهذه الإجراءات وبخاصة إذا كانت ذات كلفة عالية، كالأجهزة الأتوماتيكية.

- إن نتائج الطرق الإحصائية تسهل معرفة وتحليل استنتاجات لاحقة ذات أهمية بالغة للإدارات المختصة في المنشأة.

- تعمل على اختزال طول الدورة الإنتاجية، حيث لا يتطلب الأمر توقف الإنتاج للأغراض الرقابية وإجراءاتها، كما هو جار في بعض أنواع الرقابة التقليدية.

- تؤمن المعلومات الفنية الضرورية اللازمة لاتخاذ الإجراءات المانعة الكفيلة بالحد من حجم الانحرافات محتملة الوقوع.

- توفر البيانات والمعلومات الإحصائية المهمة لأغراض تنظيم العمل والإنتاج.

- تسهم في تقليص المساحات المعدة للإجراءات الرقابية، لكونها تتعامل مع النماذج، وليس مع الإنتاج كله.

ومع أهمية هذه الطرق، ألا أنها لا تخلو من بعض السلبيات نذكرها استكمالاً لتوضيح الصورة عن واقع هذه الطرق الإحصائية:

- أن هذه الطرق لا يمكن استخدامها بغير توفير شروطها التي سلفت في أعلاه.
- أن اعتمادها على ثبات مجموعة من الشروط (نوعية المواد الأولية ونوعية السلع غير تامة الصنع، ونوعية تجهيز الآلات ومهارات العاملين)، يجعل منها عند أي خلل أو فقدان ف أي شرط من الشرط المذكورة غير ذات فائدة أو جدوى، بل ربما يجعلها مكلفة تقود إلى خسائر غير محتسبة، أو بمعنى آخر أن نتائج الرقابة النوعية عند استخدامها لا تعبر عن الموقف الحقيقي لنوعية السلع الأمر الذي قد يؤدي إلى تدفق سلع معينة إلى دائرة الاستهلاك، ولأن لهذا الوضع آثاراً سلبية، فقد يكون احتمالها (تحملها) من قبل المنشأة أمراً غير ميسور، أو قد يؤدي بها بشكل نهائي إلى الفشل.

2- طريقة الرقابة الأتوماتيكية:

ظهرت هذه الطريقة كنتيجة طبيعية لاستخدام الأتوماتيكية في العمليات التكنولوجية بصورة عامة، أو كان ظهورها تعبيراً عن التحديث والتطوير في إجراءات الرقابة النوعية ووسائلها بشكل خاص، بالإضافة إلى ذلك لابد من تأثير النوعية العالية لإنجاز العمليات الخاصة بالرقابة التي تعتمد الوسائل الأتومايتيكة، لأنها تمثل مصدراً مهماً لتدفق المعلومات التقنية والاقتصادية، بالإضافة إلى كونها تشكل أساساً متيناً لتنظيم الإنتاج بالإطار العلمي الصحيح.

إن الرقبة النوعية باستخدام هـذه الطـرق عـلى دفعـات الإنتـاج كلـه يمكـن أن تكـون متاحة في الحالات الآتية:

- عنـدما تكـون تكـاليف الانـدثار وصـيانة الأجهـزة الأوتوماتيكيـة المعـدة للرقابـة أقـل بالمقارنة مع تكاليف الرقابة بالاعتماد على الطرق التقليدية.
- عندما لا تتيح الطرق الأخرى للرقابة إنجازاً كفؤاً، يمنع تحمل المنشأة الخسـائر المترتبـة على الاستمرار في المراحل التكنولوجية لتصـنيع سـلعة معينـة ابتـداء بمرحلـة إنتاجيـة سابقة، ولم تكتشف في حينه بسبب عدم كفـاءة الإجـراءات الرقابيـة التقليديـة، ويـتم اعتماد الطرق الأتوماتيكية على الـرغم مـن أن الشرط المـذكور في الفقـرة أعـلاه لـيس متوفراً، ولكن النتائج بالمحصلة النهائية تكون مربحة.
- عند استحالة استخدام طرق أخـرى، لأسـباب تتعلـق بطبيعـة العمليـات التكنولوجيـة كونها تنجز في درجات حرارة شديدة، أو في أجواء مشبعة بالإشعاعات وبالتالي لا يمكن أن تسطير عليها الطرق الرقابية التقليدية.
- إذا استطاعت المنشأة تأمين الأجهزة الأوتوماتيكيـة الرقابيـة بصـورة تكـون فيهـا هـذه الأخيرة جزءاً من الآلات الإنتاجية نفسها، وهـذا الأمـر ذو طبيعـة فنيـة واقتصـادية في الوقت ذاته.

وترتيباً مع هذا السياق الموضوعي، وبهدف استكمال الصورة لطبيعـة الطـرق الرقابيـة المستخدمة، نجد لزاماً علينـا فحـص توزيـع المسـئوليات عـن أعـمال ضـبط الجـودة الرقابيـة ومهمات تقويم الانحرافات كما في الجدول التالي:

مسئوليات الفحص وتصحيح الأخطاء

نوع العمل الجهة المسئولة	فصح الآلة والتأكد من صلاحيتها	إيقاف الآلة في حالة ظهور عيوبها	فحص الإنتاج	اتخاذ قرار باستبقاء الإنتاج المعيب	تسجيل الإنتاج المعيب	تصحيح الأخطاء
العامل	×	×				
الرئيس المباشر			×	×	×	×
رئيس قسم التصميم					×	
مفتش الإنتاج			×			

3- طريقة الرقابة التنفيذية المباشرة:

ووفقاً لهذه الطريقة، تتم مطابقة السلعة وأجزائها للمواصفات القياسية المعتمدة محلية كانت أو دولياً بشكل مباشر، بعد خروجها من الخط الإنتاجي ومثل هذه الطريقة تهيئ فرصة إعادة تنظيم طريقة عمل الآلات وترتيب الشعب والخطوط الإنتاجية في حالة ظهور أي عيب في المنتج بسببها، وبالإمكان الإشارة إلى شروط استخدام مثل هذه الطريقة وإمكانيات العمل بها من خلال المقارنات ومقايسة هذه الطريقة بالطرق السابقة.

ومن الجدير بالإشارة هنا إلى أن الأساليب الإحصائية تمتاز بأهميتها لاعتبارات فنية واقتصادية مهمة إلى جانب تعدد الفوائد التي تدفع المنشآت نحو الاهتمام بتحسين النوعية، لما لها من تأثير مباشر على تحسين المؤشرات الاقتصادية للمنشأة من خلال الحفاظ على النوعية والالتزام بالمواصفات المقررة للحصول على منتجات بالخصائص المطلوبة، فضلاً عن زيادة معدل الانتفاع من جميع الموارد المتاحة مما يؤدي إلى زيادة إنتاجية المنشأة. وحتى يتحقق هذا الهدف فالمطلوب إقامة نظام الرقابة النوعية فيها بحيث يتمكن من الوقوف على أسباب

الانحرافات وعدم مطابقة المنتجات مع المواصفات المقررة بسرعة وكفاءة وهذا ما يتطلب استخدام الطرق الإحصائية التي تمتاز بالدقة والسرعة في تداول المعلومات وتحليل نتائج الفحص والاختبار لاتخاذ الإجراءات العلاجية والوقائية بشكل فوري.

أما ما أورده (*Ross*) بهذا الشأن، فيشير إلى وجود علاقة بين تحسين النوعية وزيادة الإنتاجية وإن مدى الاستفادة من هذه العلاقة يعتمد على مدى كفاءة الإدارة في استخدام الأساليب الإحصائية التي تعد مفتاحاً للنوعية والإنتاجية. ذلك أن استخدام السيطرة الإحصائية على العمليات الإنتاجية ثم مقارنة نتائج الفحص والاختبار بالمواصفات المعتمدة وتحليل نتائجها بالطرق الإحصائية المتقدمة سيؤدي إلى:

1- تحقيق السرعة والدقة في اكتشاف الاختناقات التي تحدث خلال العمليات التصنيعية.

2- اتخاذ الإجراءات التصحيحية لمعالجة الانحرافات، فضلاً عن اتخاذ الإجراءات الوقائية بهدف تلافيها ومنع تكرارها.

وبما أن تخفيض نسبة الاختلافات أو منع تكرارها ستحقق وبدون شك تخفيضاً في نسبة المعيب والتالف من المنتجات فإن ذلك يفيد المنشأة في:

أ- تحسين مستوى نوعية المنتجات.

ب- زيادة الإنتاجية.

الأساليب الإحصائية والرقابة النوعية:

أما الوسائل الإحصائية والمتقدمة التي يستوجب الأمر استخدامها في تحليل نتائج الفحص والاختبار، فقد حددها (*Grover*) في تحليل التباين وتحليل الارتباط والاختبارات الإحصائية لإثبات دقة النتائج الطرق المستخدمة في السيطرة على العمليات الإنتاجية.

ويبدو مما تقدم أن تحقيق أهداف الرقابة النوعية تقتضي – بصورة مستمرة – توفر المتطلبات الأساس لأداء الفعاليات أداء متكاملاً، وعلى الرغم من صعوبة

الفصل بشكل قاطع بين إسهام كل متطلب من هذه المتطلبات، فإن عدم توافر متطلب معين يعكس الانخفاض في درجة الانتفاع من المتطلبات الأخرى ناهيك عن الانخفاض في درجة الأهداف المتحققة.

ومع ذلك فإن الرقابة النوعية في المنشآت الصناعية تمارس نشاطاتها وفقاً لأحد الأسلوبين التاليين:

1- أسلوب الفحص الشامل.

2- الأسلوب الإحصائي.

حيث يتضمن الأسلوب الأول عمليات الفحص والاختبار على جميع الوحدات المنتجة لغرض حصر الاختلافات الحاصلة في العملية الإنتاجية. ويمتاز هذا الأسلوب بدقة بياناته وشموليتها، ولكنه لا يتفق مع ضرورات تحقيق أقصى اقتصاد ممكن في نشاط الفحص، لأنه يؤدي إلى زيادة التكاليف، فضلاً عن وجود محاذير من استخدام الفحص الشامل للمنتجات التي تتعرض للتلف أو التغيير في خصائصها نتيجة للفصح والاختبار، وهذا يعني ضرورة اختيار الأسلوب الثاني الذ1ي يتضمن أخذ وحدات معينة من المنتجات لغرض فحصها أو اختبارها، وإذا كانت العينات أنواعاً مختلفة، فإن العينة العشوائية أكثرها استخداماً في الرقابة النوعية وخاصة في النشاط الصناعي حيث تمتاز هذه العينة بأنها تعطي الفرصة المتساوية لجميع وحدات الظاهرة المدروسة بالظهور عند اختيار العينة. إذ تتسم نتائج الفحص بالعينات بالدقة النسبية مقارنة بالفحص الشامل، غير أن دقة هذه النتائج تعتمد على حجم العينة وعلى عدد العينات المسحوبة.

إن تحديد واختيار الأسلوب الذي تتم في ضوئه عملية الفحص يعتمد أساساً على طبيعة السلعة، ومدى رغبة المنشأة في تحقيق مكانة سوقية أمام المجابهات المتنافسة، فضلاً عن مدى رغبتها في تحقيق الاحتياجات الاستهلاكية المطلوبة.

ومن جانب آخر فإنه ينبغي أن يعد النظام الإنتاجي في المنشأة الصناعية بحيث يعمل على إنتاج السلعة المطابقة للمواصفات المعتمدة ولا تتجاوز الانحرافات المسموح بها في التصميم. إلا أنه كثيراً ما تخرج انحرافات التنفيذ عن الحدود المسموح بها، ويمكن القول أن هذه الانحرافات تعزى إلى نوعين من الأسباب:

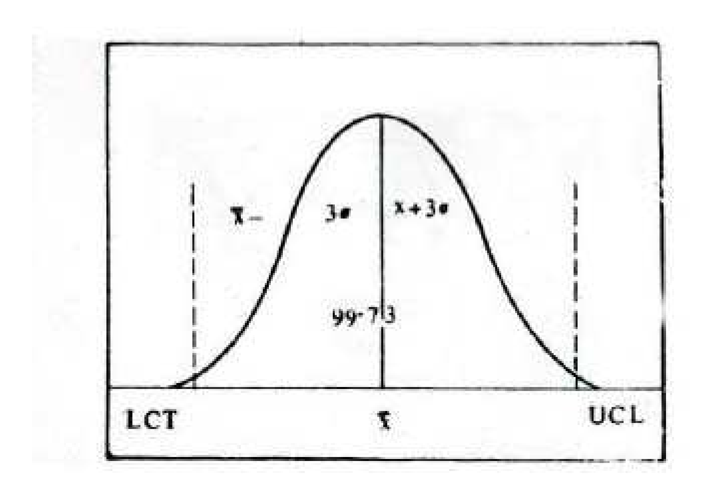
1- الأسباب العامة أو مسببات الصدفة:

وتكون هذه الأسباب متأصلة في العملية الإنتاجية بحيث لا يمكن تحديدها أو تحديد مصادرها إلا من خلال حساب محصلة تأثيرها على ناتج العملية الإنتاجية. وتتوزع الاختلافات الناتجة عن هذه الأسباب حول الوسط الحسابي للعينة بشكل عشوائي توزيعاً طبيعياً، يكون تأثيرها في الغالب قليلاً نسبياً على خواص الوحدات المنتجة.

2- أسباب خاصة أو المسببات اللاصدفية:

وتتوزع الاختلافات الناتجة من هذه الأسباب بشكل غير عشوائي حول الوسط الحسابي للعينة. ويمكن السيطرة على هذه الأسباب عن طريق تحديدها ودراستها حيث أنها تتمثل في وجود اختلافات في طبيعة وتركيب المواد الأولية أو الأجزاء التركيبية أضف إلى ذلك وجود تباين في مستوى مهارات العاملين.

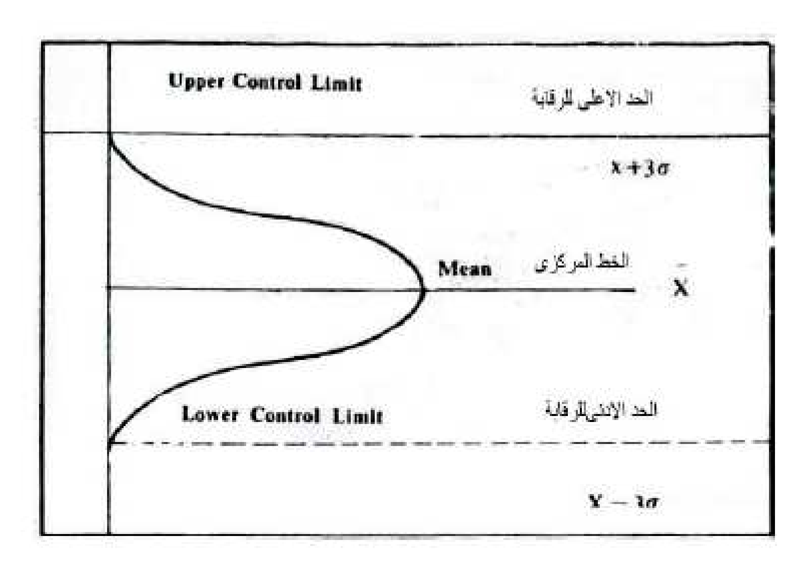
هذا ويتم تحديد هذه الأسباب باستخدام خرائط ضبط الجودة، التي تعد إحصائياً بالاعتماد على أساس منحنى التوزيع الطبيعي لنتائج اختبارات الحالة المطلوب مراقبتها والتحكم فيها، كما في الشكل التالي، فإذا خضعت عملية الإنتاج لمؤثرات الصدفة كانت التغييرات في قيم العينة المختبرة متوقعة، وتتوزع توزيعاً طبيعياً، أما في حالة خضوع العملية الإنتاجية للمؤثرات الخاصة فيجب أن تتم إزالتها ومنع تكرارها، وذلك لأن وجودها يؤدي إلى إءتاج وحدات معيبة غير مطابقة للمواصفات الموضوعة.



توزيع الاختلافات العشوائية في ظاهرة معينة

لقد أصبحت خرائط ضبط الجودة أحد المتطلبات الأساسية للرقابة النوعية في مختلف الصناعات عموماً، حيث تكون المنتجات عرضة للذبـذبات المسـتمرة بسـبب العوامـل المـؤثرة على خصائص المواد الأولية التي ترافـق العمليـات الإنتاجيـة.. يـؤدي إلى ظهـور اختلافـات في الخصائص النوعية للمنتجات.

ومن المعلوم أن معظم خرائط ضبط الجودة تتكـون مـن ثـلاث حـدود أساسـاً كـما في الشكل التالي حيث يتم تحديدها بعد استخراج المتوسط الحسـابي (×) لقـيم العينـة المختـارة من الظاهرة المدروسة، ثـم يسـتخرج الانحـراف المعيـاري (σ) لتلـك القـيم وتحـدد أسـس الضبط كما يأتي:



خارطة لضبط جودة الإنتاج

الخط المركزي وهو يمثل الوسط الحسابي لقيم الظاهرة أو المواصفة المعتمدة، وموقعه الخط الوسطي في الرسم.

الحد الأعلى للرقابة وهو الحد الأقصى المسموح به للوحدات المعيبة ويستخرج بصيغة رياضية وهي إضافة (3) ثلاثة انحرافات معيارية إلى قيمة المتوسط.

$$UCL = X + 3\sigma$$

الحد الأدنى للرقابة وهو الحد الأدنى المسموح به من الوحدات المعيبة ويستخرج أيضاً بصيغة رياضية وهي طرح (3) انحرافات معيارية من المتوسط.

$$LCL = X - 3\sigma$$

ومن الجدير الإشارة إلى وجود رأي آخر في تحديد حدود خارطة ضبط الجودة وذلك بتقسيم حد الضبط إلى مرحلتين، هما:

1- حد التحذير $W.L. = X + 2\sigma$

2- حد الإجراء التنفيذي $A.L = X + 3$

ويمثل حد التحذير مؤشراً للدلالة على وجود اختلافات عن المواصفات الموضوعة يتطلب البحث والدراسة في أسباب هذه الاختلافات. أما عند وصول نسبة المعيب في المنتجات إلى حد الإجراء التنفيذي فإن ذلك يشير إلى حدوث اختلافات في ظروف التشغيل أو في حالة الماكينة يتطلب الأمر معها إيقاف العمليات الإنتاجية لتصحيح الانحراف وتلافيه.

ولتوضيح أنواع خرائط ضبط الجودة لابد أولاً من توضيح مفهومين أساسين لتصنيف الخرائط الإحصائية هما:

أولاً: المتغيرات:

ويقصد بها تسجيل الخصائص النوعية لمفردات عينة بعد اختبارها بوحدات قياسية مألوفة مثل وحدات الطول والوزن والحجم. وعندئذٍ يقال أن مستوى جودة الوحدات المنتجة ثم التعبير عنها بالمتغيرات. مثل استخدام الغرام في قياس متانة القماش والمليمتر في قياس طول شعيرة القطن.

ثانياً: الصفات:

ويتمثل بتسجيل نتائج اختبار مفردات العينة بدون وحدات قياس، حيث يعبر عنها بعدد الفقرات المطابقة للمواصفات والفقرات غير المطابقة (المعيبة) مثل عدد العقد في خيط الغزل أو نسبة المواد التالفة إلى حجم العينة.

ولقد تم تصنيف الخرائط الإحصائية استناداً إلى المفهومين في أعلاه.

1- خرائط الرقابة للمتغيرات: وتستخدم لإجراء عمليات الفحص المباشر على الوحدات المنتجة، وتعد خريطة الوسط الحسابي (X)، وخريطة المدى (R) أكثر أنواعها استخداماً.

2- خرائط الصفات المميزة: ويستخدم هذا النوع من الخرائط لتصنيف الوحدات المنتجة إلى مطابقة للمواصفات وغير مطابقة لها ثم تحديد النسبة المئوية للعيوب في العينة، ومن أشهر أنواعها خرائط (*C. P. np. U*).

واستناداً إلى ما تقدم، ينبغي أن تحدد الخرائط القابلة للتطبيق في مجال الصناعة بصورة عامة أو تحديد الملائم منها لكل مجال من مجالات النشاط الصناعي وبهذا الصدد يشير (*Grover*) إلى وجود أربعة أنواع من خرائط ضبط الجودة في أعمال الرقابة النوعية في صناعة الغزل على سبيل المثال، وهي:

1- خارطة الرقابة للمتوسطات: حيث تستخدم هذه الخارطة لضبط نوعية المنتجات من خلال الرقابة على جميع مراحل إنتاجها لقياس خصائصها النوعية مثل قوة الشد للخيط ومتانة القماش وانتظام نمرة شريط الكادر وغيرها من الخصائص.

2- خارطة الرقابة للمدى: تستخدم خارطة (*R*) لضبط التغيير العام في المجتمع المدروس، حيث يعتمد على المدى لجميع العمليات الإنتاجية في إعطاء مؤشرات واضحة عن سير العمليات والمواد الأولية ابتداء من المرحلة الأولى للإنتاج وانتهاء بالمرحلة الأخيرة، وبذلك يتم توضيح مكان وجود الانحرافات في العملية الإنتاجية.

وترتيباً على ذلك فإن التماثل في الوسط الحسابي لمجموعتين لا يعني أنه ليس ثمة اختلافات بينهما، فالاختلافات يمكن أن تكون بين أصغر قيمة وأكبر قيمة في قيم المجموعة وللحصول على هذه المؤشرات لا يمكن الاعتماد على الوسط الحسابي فقط ومن ثم يصبح استخدام (*X*) وخارطة (*R*) معاً أمراً مرغوباً فيه.

3- خرائط الضبط لنسب المعيب *P*: ويقصد بالرمز نسب المعيب ولذا فإن خارطة (*P*) تستخدم للتعرف على نسبة الاختلافات الحاصلة في المنتجات خلال العملية الإنتاجية مع تحديد المستويات النوعية للمنتجات.

وتستخدم خارطة (P) في حالة ثبات حجم العينة أو تغييرها. وذلك باستخدام المعادلات:

$$P = \frac{\text{مجموع عدد الوحدات المعيبة}}{\text{مجمع عدد الحدات التي تم فحصها}}$$

$$UCL = P + 3 = P + 3 \; \frac{P(1\text{-}P)}{N}$$

$$LCL = P - 3 = P - 3 \; \frac{P(1\text{-}P)}{N}$$

حيث أن:

n : حجم العينة

P : متوسط نسب المعيب

O : الانحراف المعياري

4- خرائط الرقابة لعدد العيوب في العينة C: يتطلب استخدام خارطة C ثباتاً في حجم العينة، لذلك فإن تطبيقها يمتاز بالسهولة في احتساب C وتحديد حدود الضبط للخارطة. وفي حالة زيادة حجم المنتجات ووجود أكثر من عيب في أماكن مختلفة منها تكون خارطة C أكثر ملاءمة للتطبيق لغرض تحديد المستويات النوعية للوحدات المنتجة. ويتم ذلك بالاعتماد على المعادلة الآتية:

$$C = \frac{\text{مجموع العيوب في كافة العينات}}{\text{عدد العينات}}$$

الخط المركزي ويحدد C

الحد الأعلى للرقابة $UCL = C + 3 \quad C$

الحد الأدنى للرقابة $LCL = C - 3 \quad C$

يتضح لنا مما سبق أن خارطة الوسط الحسابي والمدى تفيد في الرقابة على نوعية المنتجات بالمتغيرات القابلة للقياس أما خارطة (*P*) فتستخدم لتصنيف الوحدات المنتجة إلى وحدات معيبة أو غير معيبة. وتستخدم خارطة (*C*) لتصنيف الوحدات المنتجة إلى درجات مختلفة من الجودة، أي في الحالات التي يمكن للوحدة المنتجة أن تحتوي على أكثر من عيب دون أن تعد وحدة معيبة.

<u>اقتصاديات الرقابة النوعية:</u>

تكاليف الرقابة النوعية:

تتحمل المنشاة الصناعية عند تنفيذها لمتطلبات الرقابة النوعية تكاليف متعددة، من ضمنها رواتب العاملين في أقسام السيطرة النوعية فضلاً عن الأصول المستثمرة في أجهزة القياس والفحص وتكاليف المساحة المخصصة والخبرات وإدارة الرقابة النوعية، التي يجب أن تدخل في عملية احتساب التكاليف النوعية في المنشآت الصناعية. مع ضرورة تحديد مفهوم محدد لتكاليف النوعية. ويؤشر هنا اتفاقنا مع كابلن (*Caplen*) في تحديد التكاليف النوعية كونها: "مجموعة التكاليف التي تنفق للحفاظ على النوعية المطلوبة" إلا أنه لابد من الإشارة إلى عدد من وجهات النظر التي يبدو بعضها مختلفاً مع البعض الآخر في هذا الصدد. ولعل الاختلاف في الأساليب التي تستخدمها المنشآت في السيطرة على منتجاتها يعد منشأ للاختلاف في تحديد مفهوم تكاليف الرقابة النوعية.

إن توجهات الرقابة النوعية وفقاً للسياسات المعتمدة تطلبت تصنيفاً للتكاليف المترتبة عليها إلى:

1- تكاليف وقائية.

2- تكاليف التقويم.

3- تكاليف الفشل

وهنا نرى أن الاهتمام يجب أن يولي للتكاليف الوقائية كونها تمثل أكثر أنواع التكاليف تعقيداً في عمليات الحساب ناهيك عن تحديد مديات جدوى أجزائها وعليه فإن التكاليف الوقائية تتسبب عن:

أ- عمليات السيطرة على تصميم المنتجات.

ب- التخطيط لتطوير النوعية وتحسينها.

ج- التخطيط لتدريب العاملين.

أما تكاليف التقويم فتشمل المبالغ التي تتحملها المنشأة لغرض التأكد من مطابقة المنتجات الفعلية مع المواصفات المعتمدة، ومنها تكاليف الفحص والاختبار وتكاليف المقارنة وتحليل النتائج. وتعزي تكاليف الفشل إلى عدم مطابقة المنتجات المعتمدة وتتمثل في تكاليف المعيوب والتالف من المنتجات فضلاً عن تكاليف العمل التصحيحي للمنتجات المعادة إلى التصنيع.

ويتفق بيتر وأولويفا (*Peter & Oliva*) مع فيكنبوم (*Fiegenbaum*) في تصنيف تكاليف الرقابة النوعية إلى تكاليف وقائية وتكاليف التقويم، أما تكاليف الفضل فيتم تصنيفها إلى:

- تكاليف فشل داخلية.
- تكاليف فشل خارجية.

وتتمثل التكاليف الداخلية في فشل المنتجات النهائية والمواد الأولية والأجزاء التركيبية في المطابقة مع المواصفات والشروط المتفق عليها سلفاً. أما التكاليف المتسببة عن شكاوى المستهلكين من نوعية السلعة والتكاليف الناجمة عن تخفيض معدل المبيعات بسبب انخفاض جودة المنتجات فتعد ضمن تكاليف الفشل الخارجي.

هذا وترتفع نسبة تكاليف الفشل لتفوق التكاليف التي تنفق في تقويم نتائج الفحص والاختبار وتكاليف تطوير وتحسين النوعية.

والذي يهمنا في هذا المجال هو مدى تأثير النوعية على اقتصاديات المنشأة الصناعية، إذ يتأتى هذا التأثير من اتجاهين هما:

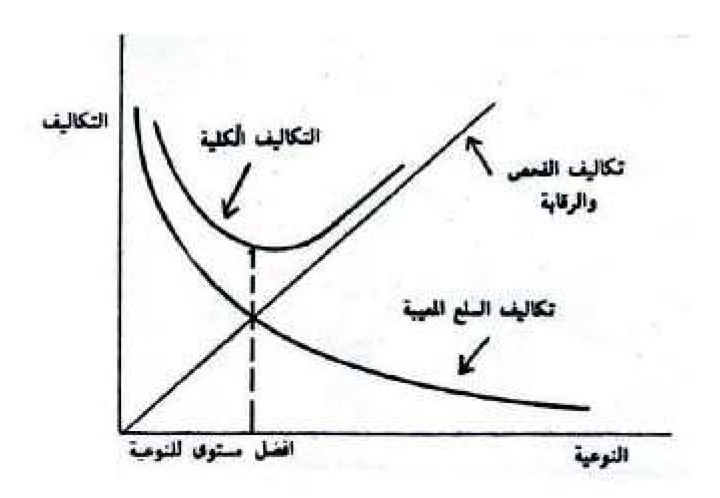
أولاً: عندما تكون المنتجات مطابقة للمواصفات المطلوبة ومضاهية بجودتها و نوعيتها خصائص السلعة المتماثلة، فإنها تؤدي إلى زيادة دخل المنشأة نتيجة لزيادة مبيعاتها.

ثانياً: أن تحقيق المنتجات بالنوعية المطلوبة يستلزم توفير المتطلبات الأساس لعمليات إنتاجها والسيطرة عليها وتطويرها باستمرار، ولهذه المتطلبات الأثر المباشر على زيادة التكاليف الكلية للسيطرة النوعية

ولتحقيق التوازن بين التكاليف النوعية والعوائد المتحققة عنها لابد من أخذ متغيرات عديدة بنظر الاعتبار، ويعزى السبب إلى انتشار هذه التكاليف على مستوى إدارات المنشأة الصناعية وقنوات التوزيع للمنتجات. حيث تمثل الأساليب الإحصائية والنماذج الرياضية في السيطرة على المتغيرات مدخلاً مهماً لترشيد القرارات والسياسات النوعية التي تعتمدها الإدارة. وهكذا، فإن تحقيق هذا التوازن يتطلب المقارنة بين نوعين من التكاليف، هما:

1- تكاليف الفحص والاختبار فضلاً عن تكاليف توفير المتطلبات الأساس للرقابة النوعية.

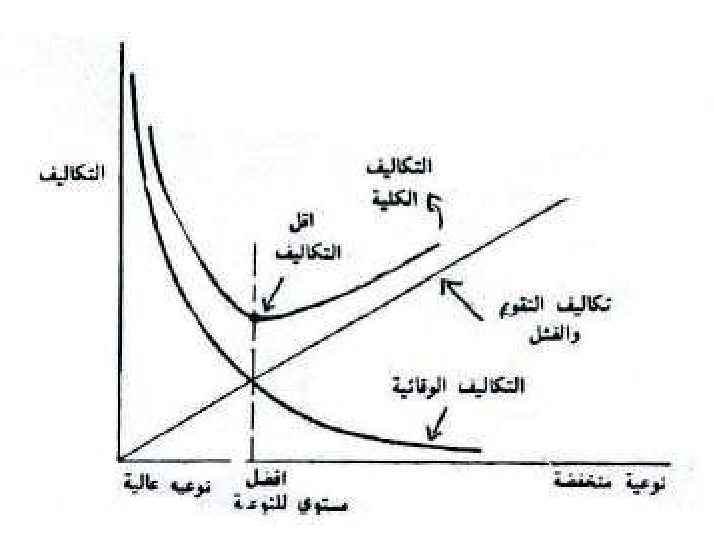
2- تكاليف الأخطاء التي تضمن المعيب والتالف من المنتجات.



العلاقة بين مستوى نوعية المنتجات وتكاليف السيطرة عليها

وحيث أن تجنب هذه التكاليف يبدو أمراً غير واقعي، إلا أن الوصول إلى المستوى الأفضل لتكاليف نشاطات الرقابة النوعية يتطلب إجراء دراسات تحليلية لتلك التكاليف لاختيار البديل الملائم. ويبين لنا من الشكل السابق أن تكاليف الإنتاج التالف والمعيب تنخفض بزيادة تكاليف الرقابة والفحص، ومن هنا فإن أقل نقطة على منحنى التكاليف الكلية تمثل المستوى الأفضل للتكاليف ويقابلها أفضل نوعية على المحور الأفقي.

أما الشكل التالي فيوضح لنا المقارنة بين التكاليف الوقائية وتكاليف التقويم والفشل. حيث أن نقطة الأصل تمثل أعلى مستوى من النوعية للمنتجات ويقابلها في ذلك أعلى نسبة من التكاليف الوقائية. ويلاحظ أن مستوى النوعية تنخفض باتجاه المحور الأفقي وذلك بانخفاض التكاليف الوقائية وارتفاع تكاليف التقويم والفشل.



العلاقة بين مستوى نوعية المنتجات وتكاليف السيطرة عليها

هذا وأن منحنى التكاليف الوقائية يقترب من المحورين دائماً وذلك لأن المبالغ التي تنفق على النشاطات الوقائية تكون أقل بكثير من المبالغ المنفقة على النشاطات الخاصة بالتقييم.

أما تكاليف الفشل والتقويم فيلاحظ أنها تزداد بنسب متساوية، ولذلك فإنها تمثل بخط مستقيم يبدأ من نقطة الأصل. ويمثل منحنى التكاليف الكلية مجموع التكاليف الوقائية والتقييم، حيث أن أدن نقطة على هذا المنحنى يمثل أفضل مستوى للتكاليف تتحملها المنشأة في الحصول على أفضل مستوى للنوعية على المحور الأفقي.

2- اقتصاديات النوعية:

إن مفهمو الجودة في عبارة ضبط الجودة لا تحمل في طياتها دائماً المعنى الأحسن (توافر الخصائص الممتازة في السلعة)، بينما تعني الأحسن نسبياً، أي في حدود مواصفات معينة تعكس مدى ملاءمة السلعة للاستخدام النهائي والفعلي لها ف حدود إمكانية المستخدم لها.

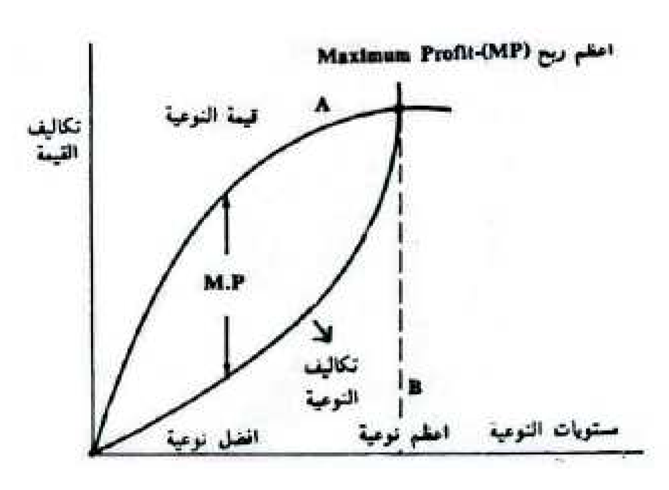
وتقوم جودة الإنتاج على دعامتين لا يمكن لها أن تتحقق دون توافرها معاً وهما:

1- جودة التصميم.

2- جودة المطابقة.

إن تصميم المنتج يتحدد أساساً بالاعتماد على مواصفات خاصة تعكس مستوى جـودة معينة تتناسـب مـع أوجـه الاسـتخدام، وذلـك بـالاعتماد عـلى الدراسـات والبحـوث المتعلقـة برغبات المستهلكين واحتياجاتهم التي تهدف منها المنشأة إلى تقديم سلعة ملائمة للمواصفات المطلوبة. وينبغي أن يتضمن التصميم تحديداً واضحاً ودقيقاً للحدود المسموح بها في التجاوز عن المواصفات المعتمدة، وتعتمد هذه الحدود على إمكانية توفير الخاصية التبادلية في السلع فضلاً عن التكاليف الممكن تحملها ومدى انعكاسـها عـلى سـعر المنـتج. إن مسـتوى الجـودة الذي تم تحديده يؤشر تقديرات لتكاليف هذه الجودة.ـ حيث ترتفع التكاليف بارتفاع جودة التصميم نتيجة لاعتماده على ماد أولية وأجزاء تركيبية ذات جودة عالية، وأساليب إنتاج أكثر دقة وكوادر متخصصة وذات مهارات عالية، وقد يتطلب اسـتخدام الآلات ومكـان متخصصـة ومتطورة.

ويوضح لنا الشكل التالي العلاقة بني قيمة النوعية وتكلفتها للمسـتهلك، ويلاحـظ أنـه في حالة النوعية المنخفضة فإن قيمتها تكون قريبة من نقطة الأصل أي مساوية للصـفر لـدى المستهلك، وبذلك لا يكون لديه دافـع لاقتنـاء السـلعة ولكـن بتحسـين نوعيـة هـذه السـلعة سترتفع قيمتها لدى المستهلك وبذلك سيتحمل تكاليف إضافية للحصول على هذه السلعة.



اقتصاديات نوعية التصميم

ونظراً أن نوعية المنتجات تتناسب طرديً مع تكاليفها كما هو واضـح في نقطـة (*B*) في الشكل السابق فلابد من اختيار مستوى للنوعية تتحقق فيه أفضل منفعة لكل من المستهلك والمنتج بأقل التكاليف الممكنة. ويتحقق ذلك بتحسين نوعية المنتجات لغـرض زيـادة قيمتهـا لدى المستهلك ومن ثم تخفيض تكلفتاه أي جعل الاختلاف التمثل (*MP*) أ:بر ما يمكن لغرض تحقيق أعظم ربح للمنشأة أمـا فـيما يتعلـق بجـودة المطابقـة أو التنفيـذ، فنشـير إلى درجـة مطابقة التصميم والخصائص النوعية للمنتجات مع المواصفات والخصائص المطلوبة. وتعتمـد جودة تنفيذ التصميم على عنصرين هما:

1- إمكان النظام الإنتاجي لإنتاج السلعة على وفق المواصفات الموضوعة.
2- إمكان نظام السيطرة النوعية في اكتشاف الانحرافات والتعرف على درجة التـزام وتطابق المنتج للمواصفات والحدود المسموح بها.

هذا ويتفق (*Sumanih*) مع جوران بصدد دعـائم النوعيـة مـع إضـافة دعامـة ثالثـة متمثلة بنوعية الأداء التي تسمى بالاعتمادية (*Reliability*).

ومن المفيد هنا إعطاء تعريف الاعتمادية بأنها: درجة الاحتمالية لمقدرة السلعة على أداء الغرض المطلوب منها بكفاءة خلال الفترة الزمنية المحددة في ظل الظروف العادية للاستعمال.

ويتم التأكد من توافر نوعية الأداء في المنتجات الفعلية عن طريق إجراء اختبارات الأمان وتحليل الخصائص النوعية المطلوبة بهدف الحصول على الأداء الناجح للسلعة في أثناء الاستعمال.

بناء على ما تقدم يمكن القول أن تحقيق التصميم المطلوب للسلعة فضلاً عن الدقة في الالتزام بالمواصفات وسرعة إدراك الأخطاء وعلاجها لتجنب الإنتاج المعيب، من شأنه أن يزيد إنتاجية المنشأة ويقلل تكاليف الوحدة المنتجة مع المحافظة على مستوى الجودة ضمن المواصفات المطلوبة.

3- العلاقة بين النوعية والإنتاجية:

إن عملية تحسين مستوى جودة المنتجات لا تأتي عفوياً وإنما تنطوي على موضوعين متلازمين تربطهما علاقة تكاملية، فالأول يترتب على التنسيق مع الضوابط والمواصفات القياسية أو المصنعية المعتمدة. أما الثاني فيعالج استخدام الأساليب العلمية والمنظمة بهدف إخضاع المنتجات للمعايير القياسية وصولاً بالمنتجات إلى تلبية الحاجات الاستهلاكية بشكل أساسي وتعزيز موقعها في الأسواق المحلية والخارجية بجودة تضاهي خصائص السلع المماثلة.

ومن جانب آخر فإن هناك علاقة مباشرة بني تحسين النوعية وزيادة الإنتاجية، ويؤكد ريمان (*Raman*) بصدد هذه العلاقة، أن تجربة الرقابة النوعية قد أثبتت أن جميع الجهود المبذول لتحسين النوعية وتطيرها تؤدي إلى زيادة الإنتاجية.

ولعل من المناسب هنا توضيح مفهوم الإنتاجية، فقد عرفت بأنها: "الاستخدام الكفء للموارد المتاحة، ويعبر عنها بالصيغة الآتية:

$$\text{الإنتاجية} = \frac{\text{المخرجات}}{\text{المدخلات}}$$

لذا، يمكن القول أن الإنتاجية في هذا المجال تتحقق بالاستغلال الأمثل لمدخلات معينة من خلال زيادة معدل المخرجات المطابقة للمواصفات.

هذا، ويمكن أن تقاس الإنتاجية لكل عنصر من عناصر الإنتاج وتسمى عندئذ الإنتاجية الجزئية، أو أن يكون مقياس الإنتاجية شامل لجميع عناصر الإنتاج، فتدعى بالإنتاجية الكلية حيث أن الطريق الأساسي لزيادة الإنتاجية تتمثل في الاستخدام الأمثل للموارد بتشكيل وتوليف متكامل بين عناصر المدخلات. فالنوعية الجيدة من المواد الأولية كأحد عناصر المدخلات لها دور أساسي في زيادة الإنتاجية عن طريق تقليل التالف وضمان الانسياب الكفء لتلك المواد خلال العمليات الإنتاجية، من شأنها خفض التكاليف وتقليل زمن تداول تلك المواد. هذا، فضلاً عن أن السيطرة على العمليات الإنتاجية ومتابعتها في جميع المراحل بهدف مراقبة العوامل التي تؤثر على نوعية السلعة المنتجة، يجعلها تعمل بكفاءة عالية مما يؤدي إلى رفع مستوى الإنتاجية داخل المنشأة الصناعية.

ويشير ليونارد (*Leonard*) بهذا الصدد إلى أن المفهوم العلمي والصحيح لهذه العلاقة غير واضح للكثير من الإدارات في المنشآت الصناعية، حيث أن المفكرة التقليدية السائدة تتضمن أن تحقيق النوعية يتطلب استثمارات إضافية تعمل على زيادة تكاليف الإنتاج.

وعليه، فإن المطلوب هو التطوير في اتجاه تفكير الإدارة بنشاطات النوعية بحيث تشمل المداخل المتبعة في تذليل الصعوبات التي تواجه النوعية والاستعداد لتخصيص استثمارات طويلة المدى في توفير الأجهزة والمعدات الخاصة بالفحص والاختبار، فضلاً عن تصميم برامج لتدريب وتطوير الكوادر العاملة في مجال النوعية.

4- فاعلية نظام الرقابة النوعية وكفاءته:

هناك آراء متعددة بصدد تحديد مفهوم الفاعلية والكفاءة، وعلى الرغم من هذا التعديل فإنها تبقى من حيث المضمون متسقة بغير اختلاف يستدعى المناقشة حيث أكدت معظم الدراسات والبحوث الإدارية على أن الفاعلية تتعلق بمخرجات النظام وأهدافه، أما الكفاءة فإنها ذات علاقة بالموارد المتاحة لهذا النظام، هذا وثم تناقض في تحديد اتجاه الفاعلية والكفاءة يستوي في ذلك كونهما مؤشرين مستقلين أو أنهما تعملان بنفس الاتجاه في تحقيق أهداف النظام.

وتعزى أهمية التقويم في استخدام الفاعلية والكفاءة معاً إلى إمكان دراسة الأهداف المتحققة ومقارنتها مع الأهداف المخططة وربطها بمدى كفاءة استغلال الموارد المتاحة المادية منها والبشرية.

وعليه، يمكن القول: أن الفاعلية هي: "درجة تحقق الأهداف"، وقد عرفها كل من أثوني وديرين (*Anthony & Dearen*) بأنها: "العلاقة بين المخرجات المتحققة للنظام وبين أهدافه المخططة".

ويضيف إلى أنه كلما كانت المخرجات أكثر مساهمة في تحقيق الأهداف كان النظام أكثر فاعلية.

أما الكفاءة فقد عرفت بأنها: "النسبية الحقيقية للمخرجات المتحققة قياساً بالمخرجات المخططة" وتعرف أيضاً بأنها: "النسبة بين مخرجات النظام ومدخلاته".

ومن المفيد هنا الإشارة إلى رأي (*Schlesinger*) في هذا المجال حيث يذكر أن الفاعلية والكفاءة مؤشران يعملان باتجاه واحد لنجاح المنشأة في تحقيق أهدافها الفنية والأساس، ولكنهما يختلفان في الفترة الزمنية المحددة لكل منهما. فالكفاءة هي: مؤشر لنجاح المنشأة في تحقيق الأهداف الفنية (ذات المدى القصير والمتوسط) وذلك من خلال الاستغلال الأمثل للموارد المتاح وتخفيض تكاليف الإنتاج. أما الفاعلية فتعد

مؤشراً لنجاح المنشأة في تحقيق الأهداف الأساس للمدى البعيد من خلال التحرك السريع لمقابلة حالات التطور في البيئة المحيطة لغرض البقاء والاستمرار.

ويتفق معه دالتون (*Dalton*) بصدد مفهوم الفاعلية بأنها: "مدى قدرة النظام في تحقيق أهدافه الأساسية وأهدافه الفنية، عندما تتوافر له الموارد اللازمة لأداء مهامه". ويمتاز هذا التعريف بأنه يقيس فاعلية النظام بالاعتماد على الوسائل والأهداف. وهنا، نؤشر اتفاقنا مع هذا التعريف في أن قياس قدرة النظام في تحقيق أهدافه يجب أن يكون من خلال مؤشرات متعددة وأن المحطة النهائية لتلك المؤشرات يبين درجة الفاعلية لذلك النظام.

واتساقاً مع التعاريف السابقة، ونظراً لأن فاعلية نظام الرقابة النوعية وكفاءته تتجسدان في الالتزام بالمواصفات المعتمدة، بهدف تحسين نوعية المنتجات وتخفيض تكاليفها، فيمكن أن يؤشر ما يأتي:

1- أن الالتزام بالمواصفات القياسية والمصنعية يعد مؤشراً حقيقياً لقياس كفاءة نظام الرقابة على العمليات الإنتاجية في تحقيق الاستغلال الأمثل لموارد هذا النظام المتاحة وتلك التي تشمل الكوادر المتخصصة في مجال النوعية والأجهزة والمعدات الخاصة بالفحص والاختبار، وذلك لغرض حصر الانحرافات والعيوب في الحدود المسموح بها فقط مع تخفيض التالف والمعيب من المنتجات.

2- أن أي انخفاض في نسبة المعيب والتالف من المنتجات سيؤدي إلى تخفيض تكاليف الإنتاج فضلاً عن تحسين مستوى جودة المنتجات، وبذلك تتحقق الفاعلية لنظام الرقابة النوعية ثم المنشأة الصناعية.

وعليه، فإن فاعلية نظام الرقابة النوعية تقاس بالاعتماد على المؤشرين الآتيين اللذين تم اعتمادهما هدفين مركزيين للرقابة النوعية، وهما:

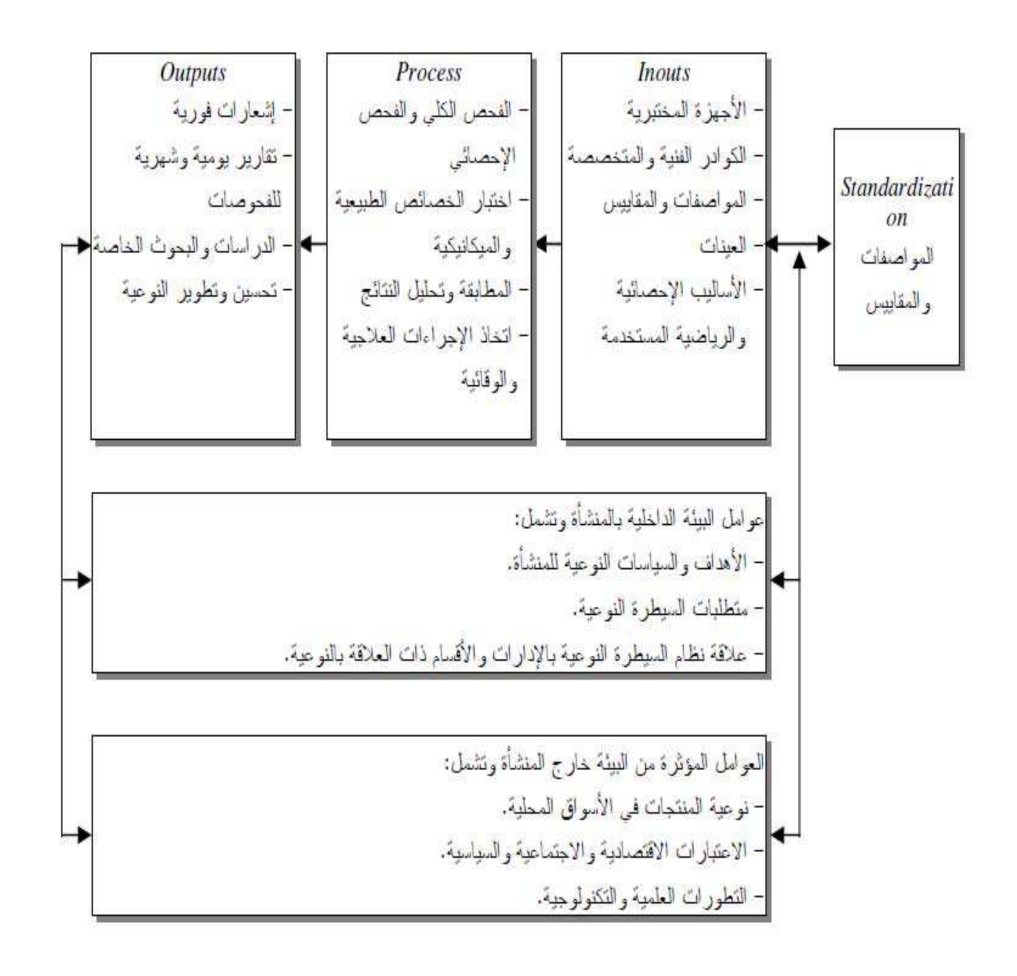
1- تحسين مستوى جودة المنتجات.

2- تخفيض تكاليف الإنتاج.

وتعد الرقابة النوعية نظاماً فرعياً من النظام الإنتاجي المتكامل في المنشآت الصناعية كما هو موضح في الشكل التالي حيث يرتبط عضوياً مع نظام فرعي آخر وهو نظام التقييس الذي يتم بموجبه تحديدا لمواصفات التي تشكل أحد المتطلبات الرئيسة لنظام الرقابة النوعية. فضلاً عن أن نظام الرقابة النوعية. يتأثر بسياسات المنشأة وأهدافها ومدى تعاون الإدارات والأقسام ذات العلاقة بالنوعية في تصحيح الانحرافات وتنفيذ الخطط النوعية، ناهيك عن تأثر النظم بالتطورات التي تحصل في البيئة المحيطة بالمنشأة والتي تتطلب في الكثير من الأحيان تعديلات في المواصفات المعتمدة وفي خططها النوعية.

لذا، يمكن القول أن فاعلية نظام الرقابة النوعية وكفاءته تعد متممة لجهود المراحل الإنتاجية في تنفيذ خطط الإنتاج ضمن المواصفات المطلوبة.

واستناداً إلى السياسات والأهداف النوعية في المنشآت الصناعية يتم وضع خطة متكاملة لضبط جودة المنتجات بحيث تتضمن الخطة المواصفات القياسية أو المصنعية المعتمدة ابتداء بالمواد المستخدمة مروراً بالعمليات التصنيعية وانتهاء بمواصفات المنتجات النهائية، فضلاً عن تحديد نقاط الفحص والاختبار وأساليب أخذ العينات من المواد الأولية والمنتجات لإجراء المطابقة وتحديد المقبول والمطابق للمواصفات واتخاذ الإجراءات اللازمة لتقليل الانحرافات عن المواصفات المقررة.



نظام الرقابة النوعية في المنشأة الصناعية

الفصل الخامس

التكنولوجيا الإحصائية للرقابة النوعية

الفصل الخامس

التكنولوجيا الإحصائية للرقابة النوعية

أولاً: العينات:

تقديم:

هناك أ؛وال كثيرة يتعذر فيها فحص كل القيم في المجتمع وبالتالي من المعقول أخذ عينة من هذا المجتمع وعمل بعض البيانات الاستدلالية عن هذا المجتمع.

هذا وينبئ جزء كبير من العمل الإحصائي على استخدام عينة لاستنباط النتائج عن المجتمع الذي سحبتم نه ككل وفي الواقع فأننا لو فحصنا كل مفردات المجتمع فأننا نكون قد قمنا بما يسمى بالإحصاء وميزة الإحصاء أنه يعطينا فكرة كاملة ومضبوطة عن المجتمع ولكنه في العادة غير عملي كما أنه مكلف ومن ثم فإنه يتم اللجوء إلى استخدام العينات حيث أنها تحقق المزايا التالية:

1- من الواضح أنه أرخص إذا أخذنا جزء من المجتمع كعينة من أن نبحث المجتمع كله والوفر هنا قد ينشأ عن انخفاض تكاليف البريد أو تكاليف النقل حسب الطريقة التي سيجري بها المسح الإحصائي.

2- يستغرق الإحصاء وقتاً طويلاً وقد يكون عنصر الوقت هاماً إذا كان مطلوباً الحصول على المعلومات بسرعة حتى يمكن اتخاذ القرار في الوقت المناسب.

3- في حالة الإحصاء يكون مطلوباً الحصول على معلومات من كل فرد في المجتمع ولكن قد لا يكون الحصول على معلومات عن كل فرد في المجتمع ممكناً إما لأنه يمكن الاتصال بكل شخص من العاملين وأما لأن بعض البالغين قد يرفضون إعطاء المعلومات المطلوبة.

4- وعلى كل فإن أهم سبب لاستخدام المعاينة هو أن الدقة التامة عادة لا يتكون ضرورية وقد تعطينا عينه صغيرة ما يكفي من المعلومات للوصول إلى الدقة الكثيرة.

بعض المفاهيم المرتبطة بالعينات:

1- العينة:

مجموعة جزئية من المجتمع وتحتوي على الأقل على مفردة واحدة وبحد أقصى عدد مفردات المجتمع.

2- فراغ العينة:

هي مجموعة تتكون من عناصر تمثل النتائج الممكن لتجربة ما.

3- الحدث:

مجموعة جزئية من فراغ الغينة.

4- المعاينة:

الطريقة أو الأسلوب الذي يتبع في سحب مفردات العينة.

5- وحدة المعاينة:

يقصد بها المفردة الأساسية التي تتكون منها العينة.

6- الإطار:

جميع وحدات المعاينة

7- خطأ المعاينة:

هي أخطاء تنشأ نتيجة الاعتماد على العينة بدلاً من الحصر الشامل وهو يتمثل في الفرق بين تقدير العينة الواحدة والقيمة المتوقعة للتقدير وتتوقف حجم هذه الأخطاء على عدة عوامل منها حجم العينة وطريقة اختيارها.

8- أخطاء غير المعاينة:

وهي أخطاء تنشأ لأسباب أخرى بخلاف أخطاء المعاينة مثل أخطاء جمع البيانات.

<u>طريقة اختيار العينات:</u>

عندما نختار عينة فأننا نأمل في أن تكون هلا نفس صفات المجتمع المسحوبة منه وبالتالي تعكس صورة متوازية لهذا المجتمع وهناك عدة طرق لاختيار العينات غير أنه يمكن تصنيفها إلى مجموعتين:

أ- مجموعة الطرق الاحتمالية لاختيار العينات.

ب- مجموعة الطرق التقديرية لاختيار العينات.

وفي الاختيار التقديري للعينات فإن القائم بالاختيار يحدد مقدماً العوامل التي ستحدد ما إذا كان أحد أفراد المجتمع سيدخل ضمن العينة أم لا، أما في الطرق الاحتمالية لاختيار العينات فإن لكل فرد فرض معلوم في أن يكون ضمن العينة. والواقع أن الطرق الاحتمالية للمعاينة هي وحدها التي تسمح لنا بالحصول على تقديرات يكون احتمال خطئها معلوماً وفيما يلي نشرح الطرق الرئيسية للمعاينة الاحتمالية.

1- المعاينة العشوائية البسيطة:

هذه المعاينة هي النوع الأساسي للمعاينة الاحتمالية وهي شائعة الاستعمال وسهلة الاستخدام من وجهة النظر الإحصائية، كما أنها تشكل الأساس لعدد من أساليب المعاينة الأكثر تعقيداً.

والصفة المميزة للمعاينة العشوائية البسيطة هي أن كل مجموع مكونة من (m) من مفردات المجتمع لها فرصة متساوية في الاختيار عند سحب العينة وفي العادة فإن مثل هذه العينات نحصل عليها بسحب عدد من المفردات من المجتمع

الواحدة بعد الأخرى دون إعادتها وهكذا فإنه في كل مرحلة يكون لكل مفردة باقية في المجتمع نفس احتمال السحب.

ولا تعني العشوائية هنا أن تسحب العينة كيفما اتفق. وليس كايفما للباحث أن يسحب المفردات عشوائياً لأنه قد يظهر تحيزاً غير مقصود وأفضل طريقة لاختيار مفردات العينة هي باستخدام جداول الأرقام العشوائية حيث تتكون هذه الجداول من قوائم بآلاف من الأرقام جاء ترتيبها على أساس الصدفة المطلقة. وعند سحب العينة باستخدام هذه الجداول تتبع الخطوات التالية:

أ- يخصص لكل مفردة من مفردات مجتمع البحث رقم مسلسل من ($1 - N$).

ب- عن طريق الصدفة تتخذ نقطة بدء على جدول الأرقام العشوائية لاختيار الأرقام الممثلة للمفردات التي تتكون منها العينة المطلوبة ويكون اختيار الأرقام على التوالي أفقياً أو رأسياً وعندما يكون مجتمع البحث شاملاً لعشر مفردات أو أقل فإن كل رقم من الأرقام الممثلة لمفردات العينة يتكون من عدد واحد يخصص الصفر للمفردة التي تحمل رقم (10) ويتكون من عددين إذا بلغ عدد مفردات مجتمع البحث ما بين (*100 – 11*) مفردة مع تمييز المفردة التي يخصها الرقم (*100*) بصفرين ويتكون من ثلاثة أعداد إذا بلغ عدد مفردات مجتمع البحث ما بين (*101-1000*) مفردة مع تمييز المفردة التي يخصها الرقم (*1000*) بثلاثة أصفار وهكذا.

ج- يستبعد تكرار الأرقام التي سبق اختيارها وكذلك يهمل كل رقم يزيد عن مجموع مفردات مجتمع البحث.

مثال:

هناك 80 شركة مرتبة حسب أرباحها والمطلوب أخذ عينة عشوائية مكنة من عشرين من تلك الشركات إذا أعطيت قائمة الأرقام العشوائية التالية:

40819037154586502

الحـل

يجب أن يتم اختيار العينة بحيث يكـون لكـل مفـردة في المجتمـع نفـس الغـرض لأن تكون ضمنها وفي البداية ترقم جميع الشركات بأرقام من (*01-80*) ثم نختار نقطة للبدايـة في جدول الأرقام العشوائية. ولما كان عدد الشركات أقل من (*100*) فإننا نقسـم الجـدول بحيـث تظهر الأرقام أزواجاً ثم نضع علامة على عشرين رقماً عشوائياً وتكون مفردات المجتمـع التـي تحمل هذه الأرقام هي مفردات العينة. فإذا ظهر الرقم مرتين نعتـبره لاغيـاً وبالمثـل إذا ظهـر رقم أكبر من $N = 80$ يعتبر كذلك لاغياً وسنستخدم الأرقام العشوائية لتوضيح هذه الطريقة.

		40
لاغية	×	81
لاغية	×	90
		37
		15
		45
لاغية	×	83
		50

2- المعاينة المنتظمة:

ووفقاً لهذه الطريقة فإنه يـتم اختيـار أحـد الأرقـام العشـوائية ثـم يضـاف إليـه عـلى الترتيب قيمة النسبة بين العدد الكلي للمجتمع إلى عدد العينة المطلوبة (K)، حيث:

$$K = \frac{\text{حجم المجتمع الكلي}}{\text{حجم العينة}}$$

مثال:

إذا أردنا اختيار عينة من 250 عامل من بين 5000 عامل لاستشارتهم عن مـدى رأيهـم في سياسة الأجر الذي تتبعه المنشأة فكيف يتم تحديد مفردات هذه العينة؟

الحـل

$$K = \frac{50000}{250}$$

ثم نختار العاملين بمعدل واحد لكل K فرداً بادئين بأحدهم نختاره عشوائياً فـإذا كـان الرد الذي اخترناه عشوائياً هو الرقم (61) وهو أحد الأرقام الواقعة بين (1-20) فإن باقي فراد العينة هم الأرقام: 16، 36، 56، 76.

3- المعاينة الطبقية:

وهنا تتم تجزئـة المجتمـع إلى مجموعـة مـن الطبقـات أو قطاعـات حسـب خصـائص معينة ذات ارتباط بالقيمة محل القياس ثم يختار من كل قطـاع عينـة بالطريقـة الاحتماليـة المطلقة، وهذه الطريقة تمكن الباحث من الوصول إلى تقديرات للقيم محل القياس أدق مـما يمكن الحصول عليه بالطريقة الاحتمالية المطلقة.

مثال:

بين كيف يمكن اختيار مكونـه مـن 400 موظـف لتحديـد مـوقفهم مـن نظـام جديـد لحوافز الإنتاج علماً بأننا نتوقع أن العاملين الرئيسيين الذين سيحددان موقـف المـوظفين مـن النظام هما درجة مهارتهم وجنسهم وتوضح سجلات الشركة أن الموظفين ينقسمون إلى:

	ذكور	إناث
مهرة	2400	330
نصف مهرة	1290	660
غير مهرة	300	1020

الحـل

في المعاينة الطبقية يكون نسبة العينة ثابتة لكل الطبقات أي أن:

$$K \text{ لكل الطبقات } = \frac{\text{حجم العينة المأخوذة من الطبقة}}{\text{الحجم الكلي للطبقة}}$$

$$= \frac{400}{6000} = \frac{1}{15}$$

∴ نحتاج لعينة من كل طبقة حجمها هو 15/1 من حجم الطبقة وعلى سبيل المثال. أننا نأخذ عينة من طبقة الذكور المهرة حجمها 15/2400 = 160 بنفس الطريقة نحصـل عـلى حجم العينة لكل طبقة كما يلي:

	ذكور	إناث
مهرة	160	22
نصف مهرة	44	86
غير مهرة	68	20

4- المعاينة العنقودية:

وهنا لا تختار المفردات منفصلة وإنما في مجموعات (عناقيد) وهذه الطريقة لا تحتاج إلى جهـد إداري كبـيري وهـي أيضـاً أقـل تكلفـة مـن أنـواع المعاينـات الأخـرى ومـن الأمثلـة التقليدية لهذا النوع من المعاينات حالة أخذ عينة كبيرة من العـمال في صـناعة معينـة فمـن المتوقع في هذه الحالة أننا نستطيع الحصول على قائمة بأصحاب المصـانع ولكننـا لا نسـتطيع الحصول على قائمة بأسماء العاملين بتلك المصانع وفي مثل هذه الحالة فإن الطريقة الوحيـدة لأخذ العينة هي باختيار عدد من المصانع عشوائياً تم الاتصال بالعاملين بها.

5- المعاينة متعددة المراحل (الحصص):

وتقوم هذه الطريقة أصلاً على فرض أن تم اختيار عينة من مجتمع البحث بحيث تكون ممثلة له بالنسبة لعدد من الخصائص ذات الارتباط بالقيم محل القياس فإنها تكون ممثلة له أيضاً بالنسبة لهذه القيمة ذاتها.

وتختلف هذه الطريقة اختلافاً جوهرياً عن المعاينة العنقودية حيث أنه في المعاينة العنقودية يتم اختيار مفردات العينة بوسائل صدفية بحتة تمكن من تطبيق نظرية الاحتمالات أما في طريقة الحصص فلا ضمان لصدفية هذا الاختيار الذي يتولاه المستقسون أنفسهم في حدود الخصائص المقررة كضوابط للعينة وتمر المعاينة بهذه الطريقة طبقاً للخطوات التالية:

أ- تحدد خصائص مجتمع البحث ذات الارتباط بالقيم محل القياس.

ب- يحدد التوزيع النسبي لمفردات هذا المجتمع حسب الخاصية أو حسب كل مجموعة من الخصائص المختارة كضابط للعينة.

ج- يحدد عدد المفردات التي يلزم اختيارها من كل خلية وذلك بنسبة مفردات الخلية إلى مجموع مفردات مجتمع البحث.

د- يخصص لكل مستقصي حصته في العينة النهائية فيسعى إلى جمع البيانات المطلوبة من مفردات هذه الحصة ذات الخصائص المحددة.

مثال:

المطلوب تحديدا لطريقة التي يتم بها سحب عينة من عدد قراء مجلة أسبوعية مخصصة للبرامج التفصيلية للراديو والتليفزيون مع بعض المقالات عن البرامج والفنانين.

الحل

المجتمع الذي يهمنا هنا هو كل الأسر في البلاد ولا شك أنه من المكلف جداً أخذ عينة عشوائية من كل الأسر كما أن هذا يستغرق وقتاً طويلاً جداً ومن المنطق في هذه الحالة أن نستخدم أسلوباً موسعاً من طريقة المعاينة العنقودية كما يلي:

في البداية نختار عينة عشوائية من الأقاليم ثم نقسم كل إقليم من الأقاليم المختارة إلى عدد من المناطق التي تختار منها العينات عشوائياً ويمكن بعد ذلك تقسيم المناطق إلى وحدات أصغر ونختار العينات منها عشوائياً وتستمر لعملية على مراحل بالعدد اللازم وفي كل مرحلة نختار عشوائياً ثلاث أو أربع مفردات حتى نصل في النهاية إلى عدد من الأسر ليست معزولة بدرجة كبيرة عن باقي الأسر في العينة.

6- معاينة الحصة النسبية:

هذه الطريقة متصلة اتصالاً وثيقاً بالمعاينة الطبقية العشوائية وتستعمل على نطاق واسع في كل بحوث الرأي العام وهي تختف عن المعاينة العشوائية في أن العينات لا تختار عشوائياً من الطبقات وفي العادة فإن الطبقات تحدد ثم تحسب أحجام العينات الطبقية اللازمة للمحافظة على التناسب بمعلومية الحجم الكلي للطبقات في المجتمع وبعد ذلك يترك الاختيار الفعلي للمفردات في كل طبقة لتقدير الباحثين.

مثال:

يبين الجدول التالي تقسيم مجتمع ما إلى نوعيات حسب الجنس والعمر حسب كون الفرد مدخناً أو غير مدخن.

		العمر		الإجمالي
		من 21 – 60	أكثر من 40	
ذكور	مدخن	61	45	106
	غير مدخن	41	27	68
إناث	مدخن	68	56	124
	غير مدخن	59	43	102

والمطلوب:

1- تكوين عينة بالحصة النسبية من 100 مفردة بحيث تعكس جيداً توزيع هذه الخصائص الثلاث في المجتمع. أحسب الأعداد المطلوبة في كل نوعية نوعيات العينة.

2- إذا فرضنا أن العمر ليس هاماً لهذه الدراسة فكيف يتأثر تركيب العينة في هذه الحالة.

3- ما هو النقد الأساسي الذي يمكن أن يوجه إلى المعاينة بالحصة النسبية.

الحل

1- نستطيع أن تعكس صورة المجتمع جيداً إذا أخذنا عينة يكون عدد الأفراد بها متناسباً مع عددهم في كل نوعية ولما كان حجم المجتمع 400.000 فإن نسبة العينة 400.000/100 = 4000/1 وبعد التقريب لأقرب عدد صحيح نحصل على التوزيع التالي لأفراد العينة على النوعيات المختلفة.

	العمر	
	من 21 – 40	أكثر من 60
ذكور مدخنون	15	11
ذكور غير مدخن	10	7
إناث مدخنات	17	14
إناث غير مدخنات	15	11

وبعد ذلك نبدأ جمع المعلومات بإعطاء التعليمات للباحث لاستيفاء الحصص المقررة لكل نوعية.

2- أما إذا لم تكن للعمر أية أهمية فإننا نجمع العمودين الموجودين بالجدول لنحصل على

ذكور مدخنون	26
ذكور غير مدخن	17
إناث مدخنات	31
إناث غير مدخنات	26

3- من وجهة النظر المتعلقة بالاحتمالات فإن عدم عشوائية المعاينة بالحصة النسبية تعد نقطة ضعف خطيرة والعينات التي تختار بهذه الطريقة تعرض لخطر التشوه ويرى بعض الخبراء أن لانحياز الناتج في هذه الحالة يجعل هذه الطريقة من طرق المعانية عديمة الفائدة.

تحديد حجم العينة:

لتحديد حجم العين يستلزم الأمر إلقاء الضوء على:

أ- الوسط الحسابي.

ب- الانحراف المعياري.

ج- درجة الثقة.

أولاً: الوسط الحسابي:

يقصد بالوسط الحسابي قيمة متوسطة تضمن تعادل الزيادة في بعض المفردات مع النقص في المفردات الأخرى.

طرق إيجادا لوسط الحسابي:

أ- من بيانات غير مبوبة:

هنا يتم جمع المفردات ويقسم الناتج على عدده حيث أن:

$$x = \frac{\Sigma x}{N}$$

مثال: احسب قيمة (x) من العينات التالية: 5, 4, 8, 8, 2, 4

$n = 6$

$$x = \frac{5 + 4 + 7 + 8 + 2 + 4}{6} = 5$$

ب- إيجاد الوسط الحسابي من بيانات مبوبة:

$$x = \frac{\Sigma F.\, x}{\Sigma F}$$

حيث F تكرار الفئة.

مثال:

أوجد الوسط الحسابي للبيانات التالية:

فئة العمر	13.5-	14.5-	15.5-	16.5-	17.5-	18.5-	19.5-	20.5-
التكرارات	34	128	262	630	386	294	167	92

الحل

باستخدام مراكز الفئات

الفئات	F	X	F.X
13.5-	34	14	476
14.5-	128	15	1920
15.5-	262	16	4192
16.5-	360	17	6120
17.5-	386	18	6948
18.5-	294	19	5586
19.5-	167	20	3340
20.5-	92	21	1932
21.5-	16	22	352
	1739		30866

$$x = \frac{30866}{1739} = 17.749$$

باستخدام الوسط الفرضي

الفئات	F	X	d	d.F
13.5-	34	14	-4	-136
14.5-	128	15	-3	-384
15.5-	262	16	-2	-524
16.5-	360	17	-1	-360
17.5-	386	18	0	0
18.5-	294	19	1	294
19.5-	167	20	2	334
20.5-	92	21	3	276
21.5-	16	22	4	46
	1739			-436

$$X = a + \frac{\sum d.F}{\sum F}$$

حيث الوسط الفرضي (القيمة التي تتوسط مراكز الفئات) a

الفرق بين $d = (x - a)$

$$X = 18 + \frac{-436}{1739}$$

$$X = 18 - 0.3\ 17.7$$

ثانيا: الانحراف المعياري:

يقصد بالانحراف المعياري الدرجة التي تتجه بها البيانات الرقية للانتشار حول قيمة وسطى تسمى تشتت أو تغير بيانات.

وقد أدخل هذا المفهوم بمعرفة كار بيرسون سنة 1893 وهو يعتبر أهم مقاييس التشتت على الإطلاق كما أنه من أهم المقاييس التي تستخدم في الرقابة الإحصائية على جودة الإنتاج.

أ- حساب قيمة الانحراف المعياري للمجتمع من بيانات غير مبوبة:

إذا كان لدينا عدد N من المشاهدات في المجتمع لتغير معين X وكانت المشاهدات كالآتي x_1, x_2 .... وكان وسطها الحسابي x فإن تباين تلك المجموعات يمكن الحصول عليه من المعادلة التالية:

$$\sigma^2 = \text{التباين} = \frac{(x - x)^2}{N}$$

ويأخذ الجذر التربيعي نتيجة الانحراف المعياري للمجتمع وسنرمز له بالرمز (*Sigma*).

$$\sigma = \text{الانحراف المعياري} = \sqrt{\frac{(x - x)^2}{N}}$$

مثال:

أسرة مكونة من خمسة أشخاص كانت أوزانهم بالكيلوجرام

75, 65, 55, 85, 80

أوجد الانحراف المعياري لأوزانهم.

الحـل

$$x = \frac{75 + 65\ 55 + 85 + 80}{5} = 72$$

x	x	$x - x$	$(x - x)^2$
75	72	3	9
65	72	-7	49
55	72	-17	289
85	72	13	169
80	72	8	64
	0		580

$$\sigma = \sqrt{\frac{580}{5}} = 10.77$$

ب- الانحراف المعياري للعينة من بيانات غير مبوبة:

إذا كان لـدينا عـدد N مـن المشـاهدات في عينـة لمتغـير x وهـي ... x_1, x_2, x_3 وكـان وسطه الحسابي x فإن الانحراف المعياري تمثله المعادلة التالية:

$$Y = \sqrt{\frac{(x - x)^2}{N - 1}}$$

ج- الانحراف المعياري للتوزيعات التكرارية:

إذا كانت البيانات موضوعة في صـورة توزيعـات تكراريـة فإننـا نسـتخدم مركـز الفئـة لتمثيل كل قيمة في الفئة. ولذلك فإن الانحراف المعياري تمثله المعادلة التالية:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma (x - x)^2 . F}{\Sigma F}}$$

$$Y = \sqrt{\frac{\Sigma (x - x)^2 . F}{\Sigma F\text{-}1}}$$

مثال:

يمثل الجدول التالي الأجور اليومية للعاملين بشركة ريم

فئات الأجر	20-	30-	40-	50-	60-	70-
عدد العاملين	10	15	30	22	14	19

والمطلوب حساب الانحراف المعياري

الحـل

فئات	F	X	(x.f)	(x-x)	$(x-x)^2$	$(x-x)^2.F$
20-	10	25	250	-24.2	585.64	5856.4
30-	15	35	525	-14.2	201.64	3024.6
40-	30	45	1350	-4.2	17.64	529.2
50-	22	55	1210	5.8	33.64	740.08
60-	14	65	910	15.8	299.64	3094.96
70-	19	75	675	25.8	665.64	5990.76
			4920			19636

$$x = \frac{\sum F.X}{\sum F} = \frac{4920}{100} = 29.2$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x-x)^2 . F}{\sum F}} = \sqrt{\frac{19636}{100}} = 14.01$$

ثالثاً: فترات الثقة:

يطلق على احتمال وجود الوسط الحسابي للمجتمع في إطار الوسـط الحسـابي للعينـة، لفظ فترة الثقة أما احتمال عدم وجود ا لوسط الحسابي للمجتمع داخـل مـدى الثقـة يطلـق عليه مستوى المعنوية.

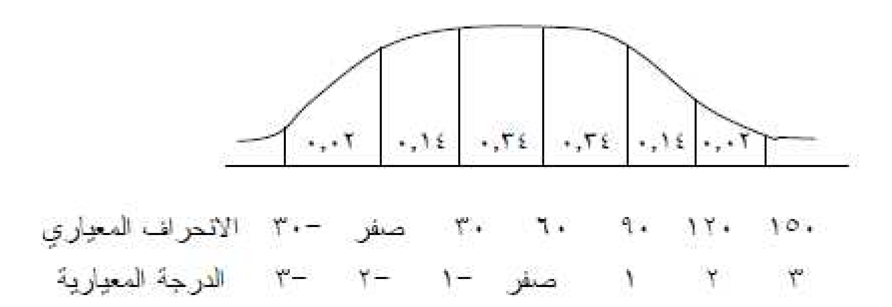
هذا وقد لوحظ أن في التوزيع الطبقي نجد أن:

68.27 من المفردات تنحصر بين $X \pm 1$

95.45 من المفردات تنحصر بين $X \pm 2$

99.73 من المفردات تنحصر بين $X \pm 3$

كما أنه يمكن توزيع المساحات داخل منحنى التوزيع الطبقي على النحو التالي:



حيث قد افترض في الشكل السابق أن الوسط الحسـابي للمجتمـع (U) (ميـو) هـو 60 وأن هناك انحراف معياري 30 ومن ثم فإن تكرارات القيم التي تقع بين 60، 90 هو 24، وبين 60، 120 هو 0.48 وهكذا.

هذا ويتم حساب فترة الثقة للوسط الحسابي للمجتمع من استخدام المعادلة التالية:

$$x = D.M\ x \leq \mu \leq x + D.M\ x$$

أما حد الثقة:

$$N(P` \pm D.M \sqrt{\frac{P`(-P`)}{M}}$$

حيث:

درجة معيارية $D.M$

الوسط الحسابي للمجتمع μ ، الوسط الحسابي للعينة x

مثال:

إذا علمت أن الانحراف المعياري لساعات عمل البطاريات الجافة هو 40 ساعة أخذت عينة بطريقة عشوائية مكونة من 100 بطارية فإذا كان متوسط ساعات عمل البطارية 500 ساعة/ عمل باحتمال 95% فما هي حدود فترات الثقة؟

الحل

$$x = \frac{40}{\sqrt{100}} = 4$$

$$500 - 1.96 \times 4 \leq \mu \leq 500 + 1.96 \times 4$$

$$492.16 \leq \mu \leq 507.84$$

أي أن فترات الثقة باحتمال 95% "لاحظ أنه يعادل 1.96 كم أن احتمال 99% ثقة يعادل 2.58" تتراوح ما بين:

492.16/507.84

4- حساب حجم العينة:

والآن يمكننا حساب حجم العينة باستخدام القانون التالي:

$$N = \sqrt{\frac{(D.M)^2 . \sigma^2}{(x - \mu)^2}}$$

مثال (1):

إذا علمت أن الانحراف المعياري لتوزيع ما = 150 جنيه بمعامل ثقة 95% وأنه سيكون المتوسط الحقيقي للمجتمع هو 20 جنيه وللعينة 10 جنيه فما هو حجم العينة؟

الحل

$$N = \sqrt{\frac{(1.96)^2 X (150)^2}{(20 - 10)^2}} = 864.36$$

مثال (2):

معلوم من الخبرة السابقة أن الانحراف المعياري للمجتمع مكون من 20.000 مفردة هو 250 وحدة وقد تقرر فحص عينة عشوائية من هذا المجتمع والمطلوب أن يكون التقدير دقيقاً بدرجة 99% فما هو حجم العينة علماً بأن

الحل

$$N = \sqrt{\frac{(2.58)^2 X (250)^2}{(50)^2}} = 166.4$$

الفصل السادس

اختبارات الفروض

الفصل السادس

اختبارات الفروض

مقدمة:

الفرض الإحصائي والاختبار الإحصائي: نستطيع في الهندسة المستوية مثلاً أن نثبت صحة الفرض أن مجموع زوايا المثلث = 180 درجة وذلك باستخدام الطرق الرياضية، ومتى أثبتنا ذلك الفرض فإنه يكون صحيحاً تحت أي ظرف من الظروف. ولكن الأمر ليس كذلك في مجالات أخرى منها مجالات العلوم الإنسانية أو الاجتماعية وغيرها.

فإذ ما واجهت الباحث مشكلة ما أو لاحظ ظاهرة ما فإنه بخبرته السابقة وملاحظته الدقيقة يضع فرضاً أو مجموعة فروض يقصد منها تفسير أو تعليل تلك المشكلة أو الظاهرة وهو بوضعه لذلك الفرض ولنسميه فرضاً إحصائية *statistical bypothesis* إنما يضع تعميماً مبدئياً عند تلك المشكلة أو الظاهرة إلى أن يتيسر له اختيار فرصة الوصول إلى قرار بقبول ذلك الفرض أو رفضه. والسبيل إلى لتحقيق من صحة هذا الفرض هو جمع البيانات المتصلة بهذه الظاهرة من المجتمع بأكمله، وهذا أمر غير عملي كما رأينا من قبل لذلك فإن الباحث يلجأ إلى أسلوب العينة ليجمع منها البيانات. ثم يقوم باختبار صحة فرضه متخذاً لنفسه منذ البداية حداً للخطأ الذي هو مستعد لتحمله، إذ نه عرضة للخطأ طالما أنه يعتمد على نتائج العينة ويود أن يعمم القرار على المجتمع ككل.

والأمثلة على ذلك كثيرة فمثلاً يعني اختبار الباحث صحة الفرض القائل بأن متوسط ذكاء مجموعة من الأفراد لا يختلف عن المتوسط العام للذكاء في المجتمع الذي ينتمي إليه هؤلاء الأفراد وهذا يعني أنه يقارن نتائج العينة بالمجتمع الذي سحبت منه هذه العينة. وإذا ما قبل الفرض فهذا يعني أن العينة عشوائية تمثل

المجتمع ولا تختلف عنه اختلافاً جوهرياً أما إذا رض الفـرض فـذلك يعنـي أن أن هنـاك فرقـاً معنوياً بين العينة والمجتمع، أو بمعنى آخر فإن العينة لا تمثل المجتمع أي أنها غير متحيزة:

كذلك قد يهم الباحث في النوعية اختيار الفرض بأن طريقة حديثة في التدريس أفضـل من طريقة أخرى سـائدة الاسـتخدام أو بعبـارة أخـرى اختبـار تـأثير مـؤثر أي أنـه إذا كانـت الطريقة الحديثة أفضل من سابقها فلابـد وأن يـنعكس ذلـك عـلى متوسـط درجـة التحصـيل باستخدام الطريقة الحديثة عنه باستخدام الطريقة القديمة وإذا ما قبل الفرض، فذلك يعنـي أن الطريقة الحديثة أفضل معنوياً من الطريقة القديمة، وإذا ما رفض الفرض فذلك يعنـي أن الفرق بينهما لابد وأن يكون راجعاً للصدفة فقط وليس جوهريه.

وقبـل أن نبـدأ في اسـتعراض بعـض الأمثلـة للاختبـارات الإحصـائية فسـنورد بعـض المصطلحات شائعة الاستخدام في هذا المجال.

الفرض الإحصائي:

هو تعميم مبدئي عن توزيع متغير إحصائي معين. أو بمعنى آخر هو حكم أولي يحتمل الخطأ عن خصائص الظاهرة العشوائية، وعادة يسعى فرض العدم أي عدم التغير بمعنـى أنـه تحديد مبدئي لقيمة المعلمة أو المؤشر الإحصـائي موضـوع الاختيـار فـإذا ثبـات هـذه القيمـة نتيجة للاختبار كان هذا يعني أنه لم يحـدث تغـير جـوهري أو معنـوي في قيمـة المـؤشر وإذا رفض الفرض قبل أن تغيراً معنوياً في قيمة المؤشر قد حدث.

الاختبار الإحصائي:

هو قاعدة تمكننا من الوصول إلى قرار بشأن الفرض موضوع الاختبار وهـو يبنـى عـلى أساس المعلومات التي جمعها الباحث من عينة تسحب من المجتمع.

أداة الاختبار الإحصائي:

المختبر أو أداة الاختبار عبارة عن علاقة رياضية تربط المعلمة التي يجري الاختبار بصددها بقيمتها المحسوبة من لعينة. وهذه العلاقة هي الدالة في قيم مفردات العينة وبالتالي في متغير عشوائي له دالة توزيع احتمالي لابد و أن تكون معروفة.

فمثلاً إذ كانت μ هي القيمة الحقيقية المتوقعة للمجتمع وهي التي يراد اختبارها، أي القيمة التي يحددها فرض العدم مقدماً قبل إجراء الاختبار، وكانت س هي الوسط الحسابي المحسوب من العينة كتقدير للقيمة المتوقعة فإن:

$$ى = \frac{س - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{ن}}}$$

حيث σ هي القيمة الحقيقي للانحراف المعياري هي متغير عشوائي معتاد معياري متى كان الفرض صحيحاً. (أي القيمة المتوقعة = μ) حيث (ى) هي المختبر الإحصائي، وهي متغير عشوائي معلوم توزيعاً ويمكن مقارنة قيمته المحسوبة من العينة بقيمته المستخرجة من جدول التوزيع المعتاد المعياري ومن ثم نستطيع قبول أو رفض الفرض الذي نحن بصدده.

المنطقة الحرجة:

هي منطقة يحددها الباحث القائم بالاختبار الإحصائي بناء على تحديد درجة مخاطرته في اتخاذ القرار بقبول أو رفض الفرض الأصلي أو العدمي، ويؤدي وقوع القيمة التي تحسب من العينة لأداة الاختبار الإحصائي في تلك المنطقة إلى رفض الفرض الأصلي أو فرض العدم.

مستوى المعنوية:

ويرمز له عادة بالرمز α - وهو احتمال الخطأ – الـذي يحـدده الباحـث لنفسـه مـن البداية – في رفض الفرض الصحيح، أو بمعنـى آخـر هـو المخـاطرة المحتملـة في رفـض الفـرض الإحصائي عندما يكون صـحيحاً ومسـتوى المعنويـة هـو الـذي يحـدد في نفـس الوقـت حجـم المنطقة الحرجة.

ونلاحظ أنه يمكننا أن نتخذ أربعة قرارات مختلفة بشأن فرض إحصائي ما وهي:

1- قبول الفرض الصحيح.
2- رفض الفرض الصحيح
3- قبول الفرض الخاطئ
4- رفض الفرض الخاطئ.

ومن البديهي أن القرارين الأول والرابع صحيحين أما الثاني والثالث فهما الخاطئين.

وعلاوة على ذلك فإن مفهوم الفرض المضاد أو البديل هـو الـذي يحـدد نـوع الاختبـار وسنناقش هنا ثلاثة أنواع (أو اتجاهات) من الاختبارات هـي:

1- اختبار الطرف الأيسر.
2- اختبار الطرف الأيمن.
3- اختبار الطرفين.

فإذا كان المتوسط الحسابي μ مـثلاً هـو موضـوع الاختبـار الإحصـائي وإذا رمزنـا لقيمـة هـذا المؤشر أو المعلم في ضوء فرض العدم بالرمز μ. وفي حالة الفـرض البـديل بــμ فـإن اختيـار الطـرف الأيسر سيجري عندما يكون الفرض العدمي هو أن $\mu \leq \mu$. حيث μ قيمة معلومة، ويجري اختبـار هذا الفرض مقابل فرض بديل هو أن $\mu > \mu$. أما اختبار الطرف الأيمن فيجري عند اختبـار الغـرض

العدمي بأن $\mu \le \mu$. حيث μ قيمة معلومة مقابل فرض بديل هو أن $\mu < \mu$ أي أن μ تساوي قيمة ما أكبر من μ. وأخيراً فإن اختبار الطرفين يجري عند اختبار الفرض العدمي بأن $\mu = \mu$. مقابل فرض بديل بأن μ تختلف عن μ. أو $\mu < \mu$.

وأيا كان اتجاه الاختبار وأيا كان موضوع الاختبار فإن أي اختبار إحصائي يتم وفق الخطوات الأربعة التالية وبنفس تتابعها:

1- تحديد الفرض العدمي (الأصلي) المراد اختباره والفرض البديل ومنه نحدد نوع (أو اتجاه) الاختبار.

2- نحدد لأنفسنا منذ البداية مستوى المعنوية α أي مقدار المخاطرة المسموح بها في رفض الفرض العدمي الصحيح.

3- نحدد أداة الاختبار الإحصائي ثم نحسب قيمة أداة الاختبار من بيانات العينة وعلى أساس صحة فرض العدم.

4- حيث أن α هي مساحة المنطقة الحرجة، فإن بمعلومة α ونوع (أو اتجاه) الاختبار يمكن تحديد حدود المنطقة الحرجة التي إذا وقعت فيها قيمة أداة الاختبار الإحصائي فإننا نرفض الغرض العدمي.

وفيما يلي سنتعرض لنماذج من الاختبارات الإحصائية:

أ- الاختبارت الإحصائية المتعلقة بالقيمة المتوقعة أو المتوسط الحسابي للمجتمع:

أولاً: عندما يكون تباين $\sigma 2$ معلوماً:

تعتمد اختبارات الفروض الإحصائية المتعلقة بالقيمة المتوقعة للمجتمع عندما يكون التباين الحقيقي للمجتمع σ^2 معروفا القيمة على توزيع العينات للمتغير العشوائي س وقد سبق لنا أن علمنا أن المتغير العشوائي:

$$ى = \frac{\text{س} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{\text{ن}}}}$$

متغير معتاد معياري أي له التوزيع م(0، 1) إذا كانت محتوية من مجتمع لـه توزيـع معتاد م(σ،μ) وحتى إذ لم يكن المجتمع الأصلي معتاد، فقد رأينا أن توزيع المتغير ي يـؤول إلى المعتاد المعياري إذا كان حجم العينة كبيراً.

وعليه فإننا سوف نسـتعمل معلوماتنـا هـذه عـن التوزيـع المعتـاد المعيـاري للمتغـير العشوائي

$$\frac{(\text{س} - \mu)\sqrt{\text{ن}}}{\sigma}$$

لنختبر الفروض المتعلقة بالقيمة المتوقعة

مثال:

شركة معدات إلكترونية تنتج نوعاً من الصمامات. فإذا كانـت الشركـة تتوقـع أن عمـر الصمام لا يقل عن 110 ساعة، وأرادت الشركة أن تختبر مـدى جـودة إنتاجهـا فأخـذت عينـة مكون من 25 صمام ووجد أن متوسط عمر الصمام في العينة هو 107 ساعة فـإذا علمـت أن عمر الصمام متغير عشوائي معتاد م (110، 36) فهل تدل العينة على أن إنتاج الشركة قد ساء عن العدل المعروف.

ولاختبار فرض كهذا وتطبيقاً للخطوات السابقة نجد أن:

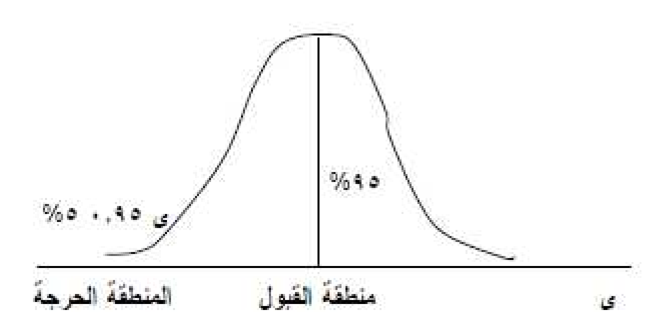
الفرض العدمي هو أن عمر الصمام المنتج هو $\mu \leq 110$

الفرض العدمي هو أن عمر الصمام المنتج هو $\mu < 110$

والغرض البديل هنا يعني أن الاختبار هو اختبار طرف أيسر وذلك لأنه إذا كانت قيمة أداة الاختبار الإحصائي أصغر من قيمة معينة [هي الحد الأعلى للمنطقة الحرجة] فإننا نرفض الفرض العدمي وبالتـالي فـإن المنطقـة الحرجـة هـي المنطقـة الواقعـة تحـت الطـرف الأيسر ومساحتها = α = 0.05.

وعليه فإن من تماثل التوزيع للمعتاد وباستخدام جداول التوزيع المعتاد المعياري نجد أن الحد الأعلى للمنطقة الحرجة هو

$$ى = - ى_{1} - \alpha = ى_{0.95} = 1.645$$



وعليه فإننا نحسب قيمة أداة الاختبار الإحصائي ى من واقع بيانات العينة، وبفرض صحة الفرض العدمي μ. = 110. ولنرمز لقيمة ى المحسوبة بـ ىَ حيث:

$$ىَ = \frac{(س - \mu)\sqrt{ن}}{\sigma}$$

ثم نقارن ىَ بقيمة ي α = - ى$_{1}$ - α ونرفض الفرض العدمي إذا كان ىَ $<$ ى ونقبل الفرض العدمي إذ كانت ىَ $\leq$ ى α ومن بيانات العينة ىَ.

$$ىَ = \frac{(110 - 107)\sqrt{25}}{6} = \frac{5 \times 3}{6} = -2.5$$

ومنه نجد أن قيمة أداة الاختبار الإحصائي ىَ أصغر من – 1.645 وبالالي فإن قيمة ىَ وقعت في المنطقة الحرجة وعليه فإننا نرفض الفرض العدمي، ومنه

نستنتج أن مستوى الإنتاج قد ساء عن المعدل. ودرجة الثقة في هذا القرار هـي 95% أي أنـه هناك احتمال مخاطرة في اتخاذ هذا القرار هو 5%.

مثال:

شركة تستخدم أسلوب معيناً في إنتاج سلعة ما فإذا كان متوسط الإنتـاج اليـومي بهـذا الأسلوب هو 80 وحدة بانحراف معياري قدره 9 وأرادت الشركة تغيير أسـلوب الإنتـاج بغيـة إحداث زيادة فيه فاستخدمت أسلوباً جديداً لمدة 20 يوماً فكان متوسط الإنتاج في خـلال 25 يوماً هو 83 وحدة. فهل تدل تجربة استخدام الأسـلوب الجديـد عـلى زيـادة الإنتـاج، وذلـك باعتبار أن معدل الإنتاج اليومي هو متغير عشوائي له التوزيع المعتاد؟

الحل

الفرض العدمي هو أن الأسلوب الجديد لم يـؤثر في زيـادة الإنتـاج والفـرض البـديل أن الإنتاج زاد باستخدام الأسلوب الجديد.

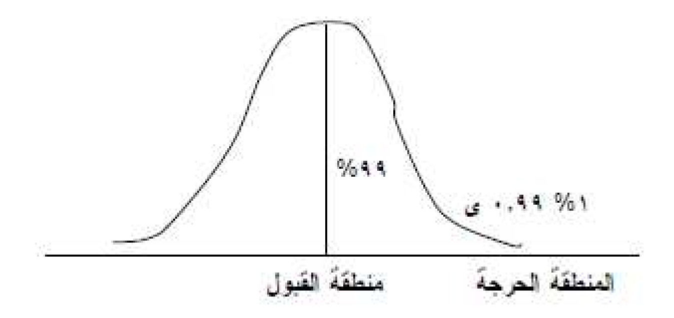
أي أن الفرض العدمي هو $\mu \leq 80$.

والفرض البديل هو $\mu > 80$

نفرض أن مستوى المعنوية $\alpha = 0.1$

أي أن مساحة المنطقة الحرجة = 0.01

ومن الفرض البديل يتضح أنه إذا زادت قيمة أداة الاختبار الإحصائي عن قيمـة معينـة فإننا نرفض الفرض العدمي. أي أن المنطقة الحرجة هنا تقع في الجزء الأيمـن مـن المنحنـى أن تحت الطرف الأيمن. وبالتالي فإن الاختبار هو طرف أيمن.



وحيث أن مساحة المنطقة الحرجة = 0.01 فإن مساحة منطقة القبـول هـي 0.99 أي أن الحد الأدنى للمنطقة الحرجة هو $ى_{0.99}$ = $ى_{1 - \alpha}$.

وبالتالي فـإذا كانـت قيمـة أداة الاختبـار الإحصـائي ى أكـبر مـن $1 - \alpha$ فإنهـا تقـع في المنطقة الحرجة وبالتالي فإننا نرفض الفرض العدمي.

أي أنه إذا كانت $\bar{ى} > ى_{1 - \alpha}$ ترفض الفرض العدمي

وإذا كانت $\bar{ى} \leq ى_{1 - \alpha}$ نقبل الفرض العدمي وذلك عند مستوى المعنوية α

$$\bar{ى} = \frac{(س - \mu)\sqrt{ن}}{\sigma}$$ ولكن ، وبفرض صحة الفرض العدمي

$$= \frac{(83 - 80)\sqrt{20}}{9} = \frac{3 \times 4.472}{9} = 1.49$$

و ى 0.99 من الجدول = 2.326

أي أن قيمة أداة الاختبار الإحصائي أقل من ى$_{0.99}$ وبالتالي فإننا نقبل الفرض العدمي بأنه ليس هناك تأثير على زيادة الإنتاج من جراء استخدام الأسلوب الجديد ودرجة المخاطرة هنا هي 1% أي أن درجة الثقة في اتخاذ هذا القرار 99%.

مثال:

طبق مقياس معين لعدة سنوات لاختبار القدرات لطلاب المتقدمين للالتحاق بإحدى الكليات العسكرية شكل متوسط μ = 80 درجة وانحرافه المعياري = 7 درجات ثم أخذت عينة مكونة من 25 من الطلبة الجدد المتقدمين في إحدى السنوات وطبق عليهم نفس الاختبار، فكان المتوسط الحسابي لقدراتهم هو س = 83 درجة فهل هناك سبب للشك في أن هذه العينة لا تمثل المجتمع المعتاد للطلاب الذين يتقدمون للالتحاق بهذه الكليات؟

الحل

الفرض العدمي هنا هو أن هذه العينة تمثل المجتمع المعتاد للطلاب الذين يتقدمون للالتحاق بالكلية العسكرية. أي أن الفرض العلمي هوμ = 80 درجة.

والفرض البديل μ لا تساوي 80 أي أن μ أصغر من أو أكبر من 80 درجة.

ونفترض أن مستوى المعنوية هو α = 0.05

والفرض البديل هنا يعني أنه إذا زادت قيمة أداة الاختبار الإحصائي عن حد معين أو إذا قل عن حد آخر معين فإننا نرفض الفرض العدمي، أي أن الاختبار هنا اختبار طرفي، ولذا فإننا نحدد المنطقة الحرجة تحت طرفي المنحنى الأيمن والأيسر.

ومن تماثل المنحنى المعتاد المعياري تنقسم المنطقة الحرجة إلى قسمين، أحدهما تحت الطرف الأيمن ويخصص لاختبار أن μ. = 80 مقال μ > 80

والثاني تحت الطرف الأيسر ومخصص لاختبار الفرض القائل أن μ = 80 مقابل μ < 80.

وحيث أن المساحة الكلية للمنطقة الحرجة هي α فإن مساحة كل من قسميها = 0.5α.

وكما علمنا في المثالين السابقين فإن الحد الأعلى للمنطقة الحرجة تحت الطرف الأيسر والتي مساحتها هي 0.5α هو ي 0.5α = - ى$_1$ – 0.5α وكذلك الحد الأدنى للمنطقة الحرجة تحت الطرف الأيسر والتي مساحتها 0.5α هو ى$_1$ - 0.5α.

ولكن $\alpha = 0.05$

$\therefore$ ي$_1$ – 0.5α = 1.96

وبالتالي فإننا نقبل الفرض العدمي إذا كانت قيمة أداة الاختبار الإحصائي أقل من 1.96 أو مساوية، اكبر أو تساوي – 1.96.

أي إذا كانت -1.96 $\leq$ ىَ $\leq$ 1.96

ولكن ىَ = $\frac{(80 - 83)\sqrt{25}}{7} = \frac{15}{7}$ 2.4

وبالتالي فإننا نرفض الفرض العدمي. أي أن العينة التي سحبت لا تنتمي إلى المجتمع المعتاد للطلاب الذين يتقدمون للالتحاق بالكلية العسكرية أو أن المجتمع الجديد الذي تمثله هذه العينة يختلف معنوياً عن المجتمع القديم المعتاد عند مستوى المعنوية 5%.

ملحوظة: إذا أردنا تقدير μ بفترة ثقة 95% في هذا المثال لكانت:

$$\bar{س} \pm 1.96 \times \frac{7}{5}$$

$$= 73 \pm 1.96 \times 1.4 = 83 \pm 2.744 = (80.256، 85.744)$$

والملاحظ أن μ. = 80 درجة أقل من الحد الأدنى لفترة الثقة أي لا تقع داخل الفترة المحصورة بين الحدين الأدنى والأعلى لفترة الثقة وبالتالي نستطيع القول بأن فرصة مشاهدة قمة لـ μ = 80 درجة تقل عن 2.5% وهي بالتالي حادث نادر التحقيق ويتعين رفضه على هذا الأساس. وهذه هي العلاقة بين الاختبار في اتجاهين وفترة الثقة.

ثانياً: إذ كان التباين σ^2 مجهولاً:

إذا كان التباين الحقيقي مجهولاً فإننا نقدر قيمته من بيانات العينة وبالتالي فإن المتغير العشوائي:

$$\frac{(س - \mu)\sqrt{ن}}{ع}$$ (حيث ع تقدير الانحراف المعياري من العينة)

هو متغير له التوزيع ت بدرجات حرية ن – 1 وذلك بفرض أن المجتمع الأصلي الذي سحبت منه العينة له توزيع معتاد.

وبالتالي فإن طريقة الاختبار لا تختلف عما سبق اللهم إلا في استبدال الانحراف المعتاد بتوزيع ت.

مثال:

أثبتت التجارب السابقة أن آلة ما تنتج سلعة معينة لها سمك 0.05 وحدة وللتأكد مما إذا كانت الآلة لازالت تنتج عند المستوى المطلوب أخذت عينة مكونة من 10 وحدات من إنتاج هذه الآلة فوجد أن متوسط سمك هذه الوحدات هو 0.52

بوصة وبحساب الانحراف المعياري من العينة وجد أنـه 0.003 بوصـة. اختـبر مـدى صـلاحية الآلة للإنتاج عند مستوى المعنوية 0.01.

الحـل

الفرض القومي هو μ. = 0.05

والفرض البديل هو μ لا تساوي 0.05

أي أن μ إما أن تكون أكثر من أو أصغر من 0.05 وبالتالي فإن الاختبار سيكون اختبار طرفين.

نحسب قيمة أداة الاختبار الإحصائي ت = $\frac{(س - \mu)\sqrt{ن}}{ع}$

$$= \frac{(0.05 - 0.052)\sqrt{10}}{0.003} = 3.162 = \acute{ت}$$

وسنقبل الفرض العدمي إذا كانت قيمة أداة الاختبار الإحصائي تَ نفع في الفترة. ($ت_{ن-1}$ ، α 2/1 $ت_{ن-1}$، 1 – 2/1 α).

وحيث ن توزيع ت مثل فإن:

$ت_{ن}$ – 1 ، 2/1 α = $ت_{ن-1}$ ، 1- 2/1 α

وفي المثال حيث α = 0.001 ن = 10 فإن $ت_{995.1}$ = 3.52

وبمقارنة قيمة ت = 3.162 بقيمة ت الجدولية ($\pm$ 3.25) نجد أن:

- 3.25 $<$ تَ $<$ 3.25

ونقبل فرض العدم بمعنى أن إنتاج الألة لازالت داخل المـدى للقبـول لمسـتوى الإنتـاج المطلوب عند مستوى المعنوية 1%.

هذا ويمكن استخدام فكرة إنشاء فترة ثقة لـ μ ومقارنة قيمة μ. = 0.05 بوصة بحـد ى فترة الثقة ورفض الغرض العدمي إذا وقعت القيمة 0.05 خارج فقرة الثقة وقبـول الفـرض العدمي إذا تضمنت فترة الثقة القيمة 0.05 تماماً.

ونجد هنا أن فـترة الثقـة 99% لــ μ هـي (0.0469 ، 0.0531) والقيمـة μ. = 0.053 وتقع داخل فترة الثقة وبالتالي نقبل الفرض بأن μ. = 0.053 عند مستوى المعنوية 1%.

ب- اختبارات الفروض المتعلقة بالفروق بين المتوسطين الحسابيين لمجتمعين مستقلين:

لاختلاف طرقة اختبار الفروض المتعلقة بالفروق بين متوسطين حسـابين لمجتمعـين، أي اختبار الفـرض العـدمي بـأن μ. = μ أي تسـاوي اللقيمـة (1) = (2). المتوقعـة أو المتوسـط الحسابي للمجتمعين، في قابل أي من الفروض البديلة.

1- $\mu_1 \neq \mu_1$ أي باستخدام اختبار الطرفين.

2- $\mu_1 > \mu_1$ أي باستخدام اختبار الطرف الأيسر.

3- $\mu_1 < \mu_1$ أي باستخدام اختبار الطرف الأيمن.

والاختبارات الإحصائية في هذه الحالة تعتمد على توزيع العينات للتغير العشـوائي س$_1$ – س$_2$ حيث س$_1$ ، س$_2$ هما المتوسطين الحسابيين لعينتين مسحوبتين من كـل مـن المجتمعـين. وهذا التوزيع يتوقف على ما إذا كانت قيم $(_1\sigma)^2$، $(_2\sigma)^2$ (أي تباين المجتمعـين) معروفـة أو غير معروفة، كما يتوقف على ما إذا كان توزيع الظاهرتين مسـتقلاً في المجتمعـين أو أنـه غـير مستقل وفيما يلي سوف نعالج كل من هذه الحالات على حدة.

(1) إذا كانت $(\sigma_1)^2$، $(\sigma_2)^2$ معروفي القيمة وتزيع الظاهرتين في المجتمعين مستقل كل عن الآخر:

فإذا كان الفرض العدمي صحيحاً أي $\mu_{(1)} = \mu_{(2)}$ فإن المتغير العشوائي.

$$ى = \frac{س_1 - س_2}{\sqrt{\frac{(\sigma_1)^2}{ن_1} + \frac{(\sigma_2)^2}{ن_2}}}$$

ى له توزيع معتاد معياري م (0، 1)

وبالتالي فإننا نقارن قيم ى المحسوبة من العينتين أو ىَ بقيمة ى الجدولية عند مستوى المعنوية المعين منذ البداية. ونرفض الغرض العدمي أ، نقبله على حسب نتيجة المقارنة.

ففي حالة اختبار الطرفين فإننا نرفض الغرض العدمي إذا كانت قيمة أداة لاختبار الإحصائي ىَ تقع خارج الفترة (ى α 2/1 ، ى$_1$ – α 2/1) عند مستوى المعنوية α. أما في حلة الاختيار الطرف الأيمن فإننا نرفض الفرض العدمي إذا كانت قيمة ىَ المحسوبة من العينتين أكبر من ى$_1$ - α.

وأخيراً في حالة اختبار الطرف الأيسر فإننا نرفض الفرض العدمي عندما تكون القيمة ىَ المحسوبة أصغر من ى$_1$ - α.

مثال:

القدير ما إذا كانت مؤسس ما سوف تشتري إحدى نوعين من مصابيح الإضاءة أ، ب وبفرض أن سعر الوحدة من النوعين واحد فقد قامت للمؤسسة بتجربة عينة منكلا النوعين كل مكونة من 100 وحدة وقد تبين نتيجة لهذه التجربة أن متوسط العمر للنوعين س$_1$ = 1160 ساعة، س$_2$ = 1140 ساعة ويفرض أن عمري الاحتراق للنوعين متغيرين عشوائيين لهما توزيع م(μ ، 8100)، م(μ_2، 6400). هل هناك شك في أن النوعين لا يختلفان من حيث متوسط عمر الاحتراق عند مستوى المعنوية 5%؟

الحل

الفرض العدمي هنا هو أن $\mu_{(1)} = \mu_{(2)}$

والفرض البديل هو أن $\mu_1 \neq \mu_2$ أي أن

أما أن $\mu_1 < \mu_2$ أو أن $\mu_1 > \mu_2$ أي أنه اختبار طرفين.

وإذا كان الفرض العدمي صحيحاً فإن:

$$\frac{(س_1 - س_2) - (\mu_{(1)} = \mu_{(2)})}{\sqrt{\frac{(\sigma_1)^2}{ن_1} + \frac{(\sigma_2)^2}{ن_2}}}$$

$$\frac{س_1 - س_2}{\sqrt{\frac{(\sigma_1)^2}{ن_1} + \frac{(\sigma_2)^2}{ن_2}}}$$ له توزيع ى

ونستخدم أداة الاختيار ى لاختبار فرض العدم وترفض الغرض العدمي (أنه لا فرق بين متوسطي عمر الاحتراق للنوعين) إذا كانت ىَ < 1.96 أو ىَ > 1.96 عند مستوى المعنويـة α = 0.05 ويقبل فرض العدم فيما عدا ذلك. ومن بيانات العينة ىَ =

$$\frac{س_1 - س_2}{\sqrt{\frac{(\sigma_1)^2}{ن_1} + \frac{(\sigma_2)^2}{ن_2}}}$$

= 12/20 = 1.67

أي أن -1.96 < ىَ = 1.67 < 1.96 ويقبل فرض عدم وجود فرق معنوي بين متوسطي عمر الاحتراق للنوعين من مصابيح الإضاءة عند مستوى المعنوية 5%.

(2) إذا كانت $(\sigma_1)^2$ ، $(\sigma_2)^2$ مجهولتين وتوزيع الظاهرة مستقل في كل مجتمع عن الآخر:

(1/2) إذا كان حجم العينتين كبيراً:

نلاحظ أننا نستطيع تطبيق نفس الاختبار السابق عندما تكون $(\sigma_1)^2$ ، $(\sigma_2)^2$ مجهولتين ولكن حجم كل من العينتين كبيراً وإذ أنه في هذه الحالة أيضاً فإن المتغير العشوائي:

$$\frac{\text{س}_1 - \text{س}_2}{\sqrt{\dfrac{(\text{ع}_1)^2}{\text{ن}_1} + \dfrac{(\text{ع}_2)^2}{\text{ن}_2}}}$$

يؤول توزيعه إلى التوزيع المعتاد المعياري تحت شرط صحة الفرض العدمي وهو أن $\mu_{.(1)} - \mu_{.(2)}$ = صفر وعليه فإننا نقدر للتباين من كل من العينتين ثم نجري الاختبار كما في الحالة السابقة.

مثال:

أجرى اختبار على عينتين من الرجال والنساء لقياس مستوى تحصيلهم في اللغات فكانت النتيجة كالتالي:

	رجالي	نساء
ن (حجم العينة)	115	175
س (متوسط درجة التحصيل)	19.5	21
ع (الانحراف المعياري)	6	5

فهل يستدل من هذه البيانات على أن هناك فرق حقيقي بين القدرة اللغوية للجنسين.

الفرض العدمي هو أنه ليس هناك فرق جوهر بين القدرة اللغوية للجنسين أي أن $\mu_{(1)} = \mu_{(2)}$

الفرض البديل هو أن هناك فرقاً جوهرياً بين القدرة اللغوية للجنسين أي أن: $\mu_{(1)}$ لا تساوي $\mu_{(2)}$.

نفرض أن α (مستوى المعنوية) = 0.05

نحسب قيمة أداة الاختبار الإحصائي من بيانات العينة. أي أن:

ى[1] =

$$\frac{21 - 19.5}{\sqrt{\frac{36}{115} + \frac{25}{175}}}$$

= 1.5- / 0.678 = - 2.21

ولكنه عند α = 0.05 وجدنا أن:

$ى_1 - 1/2\,\alpha = 1.96$، $ى_{1/2}\,\alpha = -1.96$

أي أن قيمة أداة الاختبار الإحصائي تقع خارج الفترة (ى$_1$ + α ، ى$_1$ – 1/2 α).

وبالتالي فإننا نرفض الفرض القائل بأنه ليس هناك فرق جوهري بين قدرة الرجال والنساء اللغوية، عند مستوى المعنوية 5%.

وقد نلاحظ قبل إجراء الاختبار في المثال السابق أن الفرق بين المتوسطين 1.5 هو فرق طفيف إلا أنه عندما يكون حجم العينات كبيراً فمن المتوقع أن تكون المتوسطات المحسوبة من العينات قريبة جداً من المتوسطات الحقيقية للمجتمع وعليه فإن فرقاً بين المتوسطين كهذا قد يعني وجود اختلاف حقيقي بين القدرة اللغوية للجنسين.

(2/2) إذا كان حجم العينتين صغيراً:

في هذه الحالة بافتراض أن $(\sigma_1)^2 = (\sigma_2)^2$ وأن توزيع الظاهرتين في المجتمع معتاد، بالتالي فإن المتغير العشوائي:

$$ت = \frac{(س_1 - س_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{ع^2_ت\left(\frac{1}{ن_1} + \frac{1}{ن_2}\right)}$$

له توزيع $ت_{ن_1 + ن_2 - 2}$

مثال:

أجرى اختبار للذكاء على عينتين: الأولى عدد أفرادها 16 طالباً من أحد أحياء مدينة كبيرة والثانية 14 من حي آخر بنفس المدينة فكانت النتائج كالتالي:

العينة الأولى $س_1 = 107$ $ن_1 = 16$ $ع_1 = 10$

العينة الثانية $س_2 = 112$ $ن_2 = 14$ $ع_2 = 8$

اختبر عند مستوى المعنوية $\alpha = 0.05$ ما إذا كان هناك فرق بين مستوى الذكاء في المنطقتين.

الفرض العدمي هو تساوي مستوى الذكاء في العينتين أي أن $\mu_{.(1)} = \mu_{.(2)}$. والفرض البديل هو أن هناك فرقاً ما بين مستوى الذكاء في العينتين أي أن $\mu_{.(1)} \neq \mu_{.(2)}$. فإذا كان الفرض العدمي صحيحاً فإن المتغير العشوائي.

$$ت = \frac{(س_1 - س_2) - (\mu_{.(1)} - \mu_{.(2)})}{ع ت\left(\frac{1}{ن_1} + \frac{1}{ن_2}\right)}$$

$$ت = \frac{(س_1 - س_2)}{ع ت\left(\frac{1}{ن_1} + \frac{1}{ن_2}\right)}$$

حيث $(\mu_{.(1)} = \mu_{.(2)}$

له توزيع ت بدرجات حرية $ن_1 + ن_2 - 2$

وذلك باعتبار أن التوزيعات معتدلة وأن σ^2 واحدة في الحلين المختارين من نفس المدينة ويمكن تقديرها بالتباين التجميعي $ع^2ت$ حيث:

$$ع^2ت = \frac{(ن_1 - 1)ع_1^2 + (ن_2 - 1)ع_2^2}{ن + ن_2 - 2}$$

ومن بيانات هذا المثال نجد أن:

$$ع^2ت = \frac{15 \times 100 + 13 \times 64}{28} = 83.285$$

∴ ع ت = 9.13

$$\text{وبالتالي فإن ت} = \frac{112 - 107}{9.13 \sqrt{\frac{1}{16} + \frac{1}{14}}} = -1.496$$

ومن الواضح أن الاختيار هنا هو اختبار طرفين وبالتالي فإننا نوجد من الجداول قيمة

$ن_1 + ن_1 - 2$، $1 - 2/1\ \alpha$ ت$_{ن1+ن2-2}$ ، $2/1\ \alpha$ أي ت$_{28، 0.975}$، ت$_{28}$، 0.025

ولكن ت$_{28}$، 0.975 ، ت$_{28، 0.025}$

∴ ت$_{28}$، 0.025 = - 2.048

وعليه نجد أن قيمة ت المحسوبة تقع داخل الفترة (-2.048، 2.048) أي داخل منطقة قبول الفرض العدمي أي أنه ليس هناك فرق جوهري بين مستوى الذكاء في الحيين عند مستوى المعنوية 5%.

مثال:

في المثال السابق اختبر الفرض القائل بأن مستوى الذكاء في الحي الثاني أعلى منه في الحي الأول عند مستوى المعنوية 0.01.

الحل

الفرض العدمي هنا هو أن مستوى الذكاء في الحيين واحد أي أن $\mu_{(1)} = \mu_{(2)}$ أما الفرض البديل فهو $\mu_1 < \mu_2$؟

ومن الواضح هنا أن الاختبار هو اختبار طرف أيسر،

وبالتالي فإننا نوجد قيمة ت$_{ن1+ن2-2}\ \alpha$ من جدول توزيع ت فإذا كانت القيمة تَ المحسوبة من البيانات أقل منها فإننا نرفض الفرض العدمي وإلا فإن القيمة تَ

المحسوبة تقع في منطقة قبول الفرض العدمي عند مستوى المعنوية المعطى. ومن جدول توزيع ت نجد أن $ت_{28،\ 0.10}$ = - 2.467

ولكن تَ المحسوبة من البيانات في المثال السابق هي -1.496

وهي أكبر من -2.467 أي أكبر من $ت_{28،\ 0.01}$ وعليه فإننا نقبل الفرض العدمي أي أنه ليس هناك ما يدعو إلى الاعتقاد بزيادة مستوى الذكاء في الحي الثاني عند مستوى المعنوية 0.01.

ج- اختبارات الفروض المتعلقة بالوسط الحسابي لمجتمعين غير مستقلين:

كثيراً ما يحدث في الحياة العملية ألا يتحقق شرط استقلال توزيع الظاهرة في المجتمعين. وتنشأ هذه الظاهرة حينما تؤخذ أزواج القراءات التي تعبر عن الظاهرة في حالتين مختلفتين على نفس المفردات، فللدراسة تأثير مؤثر معين قد يؤخذ قياسين على جميع مفردات العينة. أحد القياسين قبل المؤثر والآخر بعده. وبذلك يكون الفرق بين القرائتين في كل حالة هو قياس لمدى استجابة المفردة لهذا المؤثر.

ولقد كنا في حالة استقلال التوزيع نستخدم أداة الاختبار الإحصائي:

$$\frac{(س_1 - س_2) - (\mu_{(1)} - \mu_{(2)})}{ع_{س_1 - س_2}}$$

حيث $ع_{س_1 - س_2} = \sqrt{\frac{(\sigma_1)^2}{ن_1} + \frac{(\sigma_2)^2}{ن_2}}$ إذا كان التباينان معلومين.

أو = $ع^2ت \left(\frac{1}{ن_1} + \frac{1}{ن_2} \right)$ إذا كان التباينان مجهولين

وبالتالي نستخدم التوزيع المناسب في اختبار صحة الفرض العدمي.

ولكن الأمر يختلف بالنسبة لـ $ع_{س_1 - س_2}$ في حلة عدم الاستقلال ففي هذه الحالة يجب استخدام العينة:

$ع_{س_1 - س_2} = ع^2_{س_1} + ع^2_{س_2} - 2ر ع_{س_1} ع_{س_2}$

حيث $ع_{2س_2} = ع^2_1 / ن_1$، ر هي معامل الارتباط الخطي البسيط بين $س_1$ ، $س_2$ والمثال التالي يوضح طريقة إجراء اختبار الفروض الإحصائية في حالة عدم الاستقلال.

مثال:

تجري إحدى المؤسسات التجارية برنامجاً تدريبياً دورياً للعاملين في قسم المبيعات بهدف رفع قدراتهم على التعامل مع عملاء ذلك القسم، ولقيم درجة نجاح هذا البرنامج في أحد للرات التي أجرى فيها نقد اختيرت عينة من 100 من عمال ذلك القسم وألحقوا بهذا البرنامج وتبين أن متوسط قيمة المبيعات اليومية/ للعامل قبل الالتحاق بالبرنامج التدريبي وبعده كانت $س_1 = 60$ جنيهاً، $س_2 = 65$ جنيهاً على التوالي فإذا تبين من الخبرة الطويلة المتكررة في هذه المؤسسة أن تباين توزيع قيمة المبيعات اليومية للعمال في ذلك القسم قبل وبعد البرنامج التدريبي هو $(\sigma_1)^2 = 18$، $(\sigma_2)^2 = 0.8$ اختبر الفرض بأن قدرة العامل في ذلك القسم على التعامل مع عملائه بعد انتهاء البرنامج التدريبي قد أصبحت أفضل مما كانت عليه قبله.

الحل

الفرض العدمي $\mu_1 = \mu_2$ أي أن المستوى لم يطرأ عليه تغيير.

الفرض البديل هو $\mu_1 \geq \mu_2$ أي أنه حدث تحسن في المستوى

وحيث أن هناك ارتباط بين توزيع الظاهرة قبل وبعد انتهاء التدريب فإننا نستخدم أداة الاختبار الإحصائي:

$$ى = \frac{س_1 - س_2}{\sqrt{ع^2_{س_1} + ع^2_{س_1} - 2\ ر ع_{س_1} + ع_{س_2}}}$$

ومن الواضح أن لاختبار هنا هو من نوع اختبارات الطرف الأيسر.

$$\therefore\ ىَ = \frac{65 - 60}{\frac{81}{100} + \frac{49}{100} - 2 \times 0.8 \times 0.9 \times 0.7} = 9.2$$

فإذا كان مستوى المعنوية $\alpha = 0.05$

فإن $ى_{0.05} = -\ 1.645$

وبالتالي فإن ي المحسوبة أقل من الحد الأعلى للمنطقة الحرجة وبالتالي فإننا نرفض الفرض العدمي أي أن مستوى التعامل قد يمكن عند نهاية البرنامج التدريبي وذلك عند مستوى للمعنوية 5%.

5- اختبارات الفروض المتعلقة بأزواج المشاهدات:

كان من الممكن في المثال السابق وعندما تتوافر القراءات الأصلية من العينة أن تجري الاختبار على الفروق بين كل قراءة ومقابلتا بالنسبة لكل مفردة. وطريقة الاختبار في هذه الحالة كالتالي:

إذا كان $س_{ر1}$ هي القراءة التي أخذت عن المفردة رقم ر قبل استخدام المؤثر الذي يراد دراسة الاستجابة له و $س_{ر2}$ هي القراءة التي تسجل عن نفس المفردة بعد استخدام ذلك المؤثر فإن $ف_ر = س_{ر1} - س_{ر2}$ هو الفرق بين القراءتين قبل وبعد المؤثر. وإذا كان حجم العينة ن فإن المتوسط الحسابي لهذه الفروق هو:

$$س_{ف} = \frac{مجـ\ ف_{ر}}{ن}$$

وإذ كان التقدير غير المتحيز لتباين الفروق محسوباً من العينة هو:

$$ع^2ف = \frac{1}{ن - 1} \quad مجـ\ (ف_{ر} - س_{ف})^2$$

وبالتالي فإن تباين المتوسط الحسابي للفروق هو:

$$ع^2 س_{ف} = \frac{ع^2\ ف}{ن}$$

ولاختبار الفرض العدمي بأن $\mu_{(1)} = \mu_{(2)}$ نستخدم أداة الاختبار الإحصائي.

$$ت = \frac{س_{ف}}{\frac{ع^2\ ف}{ن}}$$

حيث ت متغير عشوائي لـه توزيـع $ت_{ن-1}$ إذا صـح الفـرض العـدمي وبالتـالي نسـتخدم توزيع ت في إجراء الاختبارات المتعلقة بالفروق بين أزواج القراءات هذه وذلك عنـد مسـتوى المعنوية 5%.

مثال:

البيانات التالية توضح كمية محصول نوعين من القمح زرعا في قطع مختلفة:

النوع الأول	النوع الثاني	الفرق	$(ف - س_{ف})^2$
44	47	3-	$((-3-)-1-))^2$ = 4
34	32	2	$(2-)-1-))^2$ = 9

59	60	1-	0
59	57	2	9
63	61	2	9
38	44	6-	25
50	47	3	16
51	54	3-	4
42	46	4-	9
39	41	2-	1
المجموع		10-	86

$س_{ف}$ = -10/10 = -1

$ع^2_{ف}$ = 86/9 = 9.56

الفرض العدمي هنا أن $\mu_{(1)} - \mu_{(2)}$ = صفر

والفرض البديل $\mu_{(1)}$ لا تساوي $\mu_{(2)}$

وبالتالي فإن الاختبار هنا من نوع اختبارات الطرفين

وإذا كان الفرض العدمي صحيحاً فإن القيمة تَ من بيانات العينة

$$س = \cfrac{ف}{\cfrac{ع^2}{\cfrac{ف}{ن}}} = \cfrac{1-}{\cfrac{9.56}{10}} = 1.023-$$

وحيث أن الاختبار هو اختبار طرفين فإننا نحدد الفترة:

(ت   ، ت   )

ن-1 ، 1/2 α ن-1، 1- 1/2 α

ولكن ت   = ت   = 2.262 = - ت

ن-1، 1-1/2 α 9، 0.175   9، 0.025

وبالتالي فإنه إذا وقعت ت المحسوبة داخل هذه الفترة [أي الفترة (-2.262 ، 2.262)] فإننا نقبل الفرض العدمي.

ومن الواضح أن ت المحسوبة تقع داخل هذه الفترة وبالتالي فإننا نقبل الفرض العدمي عند مستوى المعنوية 5%.

هـ- الاختبارات الإحصائية للنسبة:

سبق لنا تعريف نسبة المفردات التي تحمل صفة معينة في مجتمع ما بـ ل ونسبة من لا يحملون هذه الصفة بـ م حيث ل + م = 1 وأن التقدير الجيد للنسبة ل من العينة هو ل وبالنسبة إلى م هو م ورأينا أن توزيع المعينة للتقدير ل في العينات الكبيرة وبفرض أن ل ليست قريبة القيمة من الصفر أو الواحد الصحيح بدرجة كبيرة هو توزيع معتاد م(ل ، ل م/ن) وبالتالي فإن المتغير العشوائي

$$\frac{ل - ل}{\sqrt{\frac{ل\ م}{ن}}}$$

يؤول توزيعه إلى المعتاد المعياري إذا كبر حجم العينة، وسوف نبني الاختبارات الإحصائية المتعلقة بالنسب على توزيع العينات للتغير ل بفرض صحة الفرض العدمي ولا تختلف طريقة الاختبار سواء ما كان منهم اختبار طرفين أو طرف واحد عما سبق والمثال التالي يوضح طريقة اختبار النسبة.

مثال:

إذا كانت نسبة الأفراد الذين تقل أعمارهم عن 20 سنة في إحدى المدن هي 40% وأخذت عينة من 100 فرد من هذه المدينة فوجد أن من بينهم 45% من الأفراد كانت أعمارهم تقل عن 30 سنة فهل تستنتج أن هذه العينة لم تكن عشوائية بمعنى أنها لا تمثل المجتمع من حيث تمثيل فئة العمر الأقل من 20 سنة، وذلك عند مستوى المعنوية 5%.

الحل

الفرض المراد اختباره هو ل = 40%

الفرض البديل هو ل لا تساوي 40%

وهذا يعني أنه إذا قبل الفرض العدمي على أساس بيانات العينة، فإن هذا يدل على عدم وجود اختلاف معنوي في النسبة بين العينة والمجتمع. الأمر الذي يعني أن العينة تمثل للمجتمع.

فإذا كان الفرض العدمي صحيحاً. فإن المتغير العشوائي :

$$\frac{ل - 40\%}{\frac{0.6 \times 0.4}{100}}$$

يؤول توزيعه إلى المعتاد المعياري ونرفض الفرض العدمي إذا كانت قيمة ى المحسوبة من العينة أقل من – 1.96 = ى أو أكبر من 1.96 = ى حيث α = 0.05

α 2/1 – 1 α 2/1

ومن بيانات العينة نجد أن:

$$\text{ى} = \frac{0.4 - 0.45}{\frac{0.24}{100}} = \frac{0.05}{0.049} = 1.02$$

أي أن ى المحسوبة < $\text{ى}_{0.975}$ = 1.96 وأكبر من $\text{ى}_{0.025}$ = - 1.96

وعليه فإننا نقبل الفرض العدمي أي أن العينة عشوائية وتمثل المجتمع عند مستوى للمعنوية 5%.

و- اختبار تساوي النسبة في مجتمعين مختلفين:

إذا سحبت عينتان عشوائيتان من مجمعين لهما نسبة الحدوث ل_1، ل_2 على الترتيب، وقد رأينا أن الفرق بين $\text{ل}_1 - \text{ل}_2$ أي الفرق بين تقديري نسبتي الحدوث في المجتمعين يؤول توزيعه إلى التوزيع المعتاد

$$\text{م}\left(\text{ل}_1 - \text{ل}_2 ،\ \frac{\text{ل}_1\text{م}_1}{\text{ن}_1} + \frac{\text{ل}_2\text{م}_2}{\text{ن}_2}\right)$$

وعليه فإن المتغير ى =

$$\frac{\text{ل}_1 - \text{ل}_2}{\frac{\text{ل}_1\text{م}_1}{\text{ن}_1} + \frac{\text{ل}_2\text{م}_2}{\text{ن}_2}}$$

بفرض صحة الفرض العدمي القائل بتساوي النسبتين في المجتمعين يؤول إلى التوزيع المعتاد المعياري متى كانت ن_1، ن_2 كبيرة.

والمشكلة هنا أن الفرض لم يحدد قيمة ل_1 أو ل_2 ولكنه فقط يفيد تساويهما لذلك ولإيجاد تقدير جيد للتباين فإنه لابد وأن يبنى على النتائج المشتركة للعينتين أي أن تباين الفرق بين النسبتين يمكن تقديره على النحو التالي:

نضع $ل = \frac{ل_1ن_1 + ل_2ن_2}{ن_1 + ن_2}$ $م = 1 - ل$

وبالتالي فإن تباين $(ل_1 - ل_2) =$

$$ل م [\frac{1}{ن_1} + \frac{1}{ن_2}] = \frac{ل م (ن_1 + ن_2)}{ن_1ن_2}$$

وعليه فإن المتغير العشوائي ى الموضح سابقاً يمكن أن يستبدل بالمتغير العشوائي

$$ي = \frac{ل_1 - ل_2}{\sqrt{ل م \frac{(ن_1 + ن_2)}{ن_1ن_2}}}$$

وهذا المتغير العشوائي هو الذي يستخدم كأداة للاختبار الإحصائي في اختبار الفروض المتعلقة بالفرق بين النسبتين. والمثال التالي يوضح ذلك.

مثال:

أجرى استفتاء على موضوع ما فكان عدد الذين وافقوا على رأي ما في ذلك الموضوع في عينة عشوائية سحبت من أحد المجتمعات هو 57 من بين 300 فرداً وفي عينة عشوائية أخرى سحبت من مجتمع آخر وجد أن عدد الذين وافقوا على هذا الرأي هو 46 من 200 فرداً. فهل يدل ذلك على وجود فرق جوهري بين درجة تقبل ذل الرأي في المجتمعين عند مستوى المعنوية 5%؟

الحل

الفرض العدمي هو أن $ل_{(1)} = ل_{(2)}$

والفرض البديل هو أن ل$_{(1)}$ لا تساوي ل$_{(2)}$

فإذا صح الفرض العدمي فإن المتغير العشوائي

$$\frac{ل_1 - ل_2}{ل\ م\ (\frac{300 + 300}{200 \times 300})}$$

الفرض العدمي إذا كان ى المحسوبة < -1.96 أو أكبر من 1.96 ولكن

$$ل = \frac{46 + 57}{500} = 0.206$$

و م = 1 – ل = 0.794

$$ل_1 = \frac{57}{300} = 0.19$$

$$ول_2 = \frac{46}{200} = 0.23$$

$$ل\ م\ (\frac{200 + 300}{200 \times 300} = 0.0013$$

$$\therefore ىَ = \frac{0.23 - 0.19}{0.0013} = -1.07$$

أي أن القيمة المحسوبة ىَ تقع دخل منطقة ببول الفرض العدمي (-1.96، 1.96) وعليه فليس هناك ما يبرر رفض الفرض بأنه لا يوجد فرق بين درجة قبول الرأي في المجتمعين.

مثال:

بفرض أننا وجدنا في المثال السابق أن ل$_2$ = 0.23، بينما ل$_1$ = 0.19 فهل تستدل من ذلك على أن نسبة القبول في المجتمع الثاني أعلى منها في الأول تحت نفس شروط المثال السابق وبمستوى معنوية 5%؟

الحل

الفرض العدمي هو أن ل$_{(1)}$ = ل$_{(2)}$

الفرض البديل هو أن ل$_{(1)}$ لا يساوي ل$_{(2)}$

أي أن لاختبار هنا هو اختبار طرف أيسر.

وبالتالي فإن الحد الأعلى لمنطقة رفض الفرض العدمي هو ي α = ى$_{0.05}$ = -1.645 وبحساب قيمة ى في المثال السابق وجد أنها = 1.08 وهي أكبر من ى$_{0.05}$ وبالتالي فإننا نقبل الفرض العدمي أي أنه ليس هناك ما يبرر القول بزيادة نسبة القبول في المجتمع الثاني عنها في الأول بدرجة ثقة 95% أي عند مستوى المعنوية 5%.

ز- العلاقة بين الاختبارات الإحصائية وضبط الإنتاج:

يعتبر أسلوب ضبط الإنتاج الصناعي اختباراً إحصائياً في اتجاهين، ويجرى هذا الاختبار بالنسبة لنفش الفرض، كما يكرر الاختبار في فترات دورية، والمثال التالي يوضح ذلك.

مثال:

تنتج إحدى الشركات قطعة غيار معينة. ومن خبرة الشركة يبلغ الطول المتوسط لقطعة الغيار هذه 1.5 بوصة بانحراف م عياري 0.02 بوصة، وستعتبر الشركة أن إنتاجها مطابق للمواصفات متى كان الطول المتوسط لعينات حجم كل منها 5 وحدات تسحب بصفة دورية كل ساعة يتراوح بين

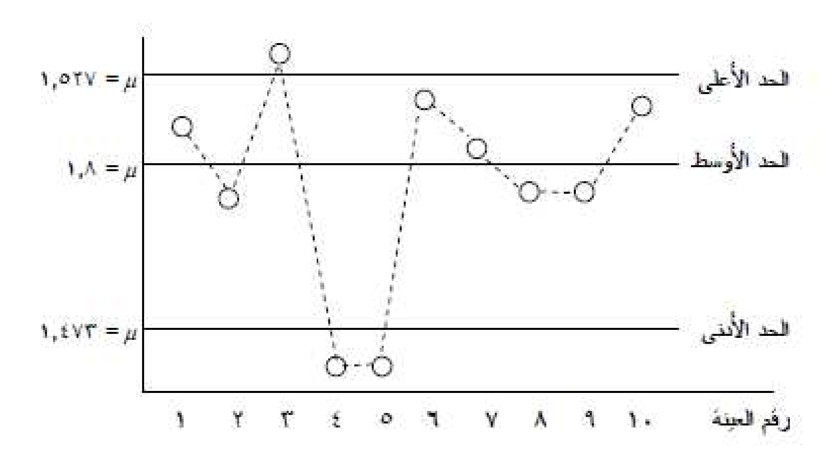
$$(1.5 + \text{ى} \quad \frac{\alpha}{2} \quad \frac{\sigma}{\text{ن}} \quad ، \quad 1.5 + \text{ى}_1 - \quad \frac{1}{2}\ \alpha\ \frac{\sigma}{\text{ن}} \quad)$$

وبفرض أن α = 0.001 تقريباً فإن ى = $\pm$ 3.00 وبالتالي فإن طول المتوسط للعينة سيعتبر مطابقاً للمواصفات (أو بمعنى آخر ستعتبر العينة عشوائية وتنتمي إلى المجتمع، متى كان الطول المتوسط لوحدات العينة يتراوح بين 1.5 $\pm$ 3 × 0.02 /5 = 1.5 $\pm$ 0.027 أي بين 1.473، 1.527 بوصة.

وبفرض أن متوسطات العينات العشر الأولى بالبوصة كانت كالآتي:

1.510، 1.495، 1.531، 1.465، 1.464، 1.524، 1.505، 1.491، 1.491، 1.522 فسوف نجد أن الإنتاج كان مطابقاً للمواصفات إلا في العينات أرقام 3، 4، 5، وذلك عند مستوى المعنوية 0.001 أو بدرجة ثقة 0.999.

وعادة ما ترصد النتائج الدورية على خريطة تسمى خريطة ضبط الإنتاج للمتوسط وهي على النحو الموضح بالشكل التالي:



خريطة ضبط الإنتاج للمتوسط من بيانات المثال السابق

ويستخدم أسلوب مشابه للرقابة على نسبة المعيب أو للرقابة على المدى.

الفصل السابع

الاحتمالات

الفصل السابع

الاحتمالات

1- مقدمة:

يعتبر الاحتمال مقياساً لدرجة التأكد من وقوع أو عدم وقوع حدث معين أو ظهور ظاهرة معينة، كأن تقول مثلاً: احتمال ذهابي للكلية غداً هو 60%، فهذا يعني أن درجة تأكدك من الذهاب للكلية هو 60% وهو ما يعني أيضاً أن درجة تأكدك من عدم الذهاب للكلية هي 40%، وهذا المقياس يرمز له عادة بالرمز "ح" والحدث أو الظاهرة يمكن أن نرمز لها بالرمز " أ " أو " $أ_1$ " أو "ب" أو أي حرف من حروف الأبجدية، فمثلاً عندما نكتب ح (أ) نعني احتمال حدوث " أ " وبالمثل ح ($أ_1$) تعني احتمال وقوع الحدث " $أ_1$ " وهكذا.

ويحقق هذا المقياس أربع فرضيات، هي:

1- 1≤ ح (أ)≤ صفر، أي أن قيمة الاحتمال دائماً موجبة وأقل من أو تساوي الواحد الصحيح.

2- مجموع الاحتمالات للأحداث الشاملة المتنافية يساوي الواحد الصحيح.

3- ح (أ) = واحد صحيح إذا كان الحدث مؤكداً.

4- ح (أ) = صفر إذا كان الحدث مستحيلاً.

فإذا كنا في اجتماع لمجلس اتحاد طلبة كلية التجارة، ومن المعلوم أن أعضاء مجلس الاتحاد للكلية منتخبين من طلبة وطالبات الكلية فقط، وأحضرت طالب من ضمن أعضاء المجلس وتساءلنا عن احتمال أن يكون هذا الطلاب من طلاب كلية التجارة؟ وبالنظر إلى أن هذا الحدث مؤكد فإن احتماله يساوي الواحد الصحيح.

بينما إذا تساءلنا: ما احتمال أن يكون هـذا الطالـب مـن كليـة الآداب؟ فإننـا نجـد أن قيمة هذا الاحتمال تساوي الصفر نظراً لأن وقوع هذا الحدث مستحيل.

ويسمى الحدث الذي يحتمل إمكانيـة الوقـوع أو عـدم الوقـوع، أي الحـدث الـذي لا يمكن اعتباره مستحيلاً ولا مؤكـداً، بالحـدث العشـوائي أو الحـدث الاحـتمالي. ومثـال ذلـك أن نتساءل عن احتمال أن يكون العضو الذي تم اختياره بمجلس اتحاد طلبـة كليـة التجـارة مـن الطالبات؟ ومن الواضح أن ووقع هذا الحدث احـتمالي لأن الشـخص المختـار يمكـن أن يكـون طالباً أو طالبة حيث يكون لكل منهما فرصة الاختيار في هذه الحالة. ولكن كيف يمكن قيـاس مثل هذا الاحتمال؟

قياس الاحتمال مثل بقية الظواهر الأخـرى يمكـن أن يـتم باسـتخدام أسـاليب القيـاس الشخصي أو الذاتي[1]. كما يمكن أيضاً أن يتم باستخدام المقاييس العلمية الموضوعية، فـإذا كنـا مجموعة من الأشخاص وتساءلنا عن درجة حرارة الجو فقد نحصل على إجابة بأنها 12 درجة مئوية بينا نجد إجابة أخرى تشير إلى أنها 19 درجة مئوية، بينما قـد يخـرج أجـدنا الترمـومتر ويقوم بتحديد درجة الحرارة على وجه الدقة.

ونلاحظ في هذا الصدد أن الشخصين الأولين قد اعتمدا على خبرتهما السابقة في عمليـة القياس[2]. بينما استخدم الثالث، في هذا الصدد مقياساً علمياً يمكن أن نحصل منه على نفـس القراءة إذا استخدمه أي شخص آخر. كذلك الحال في قياس الاحتمال فهناك القياس الشـخصي للاحتمال، وهناك القياس التجريدي للاحتمال، وتسـتخدم في إطـاره تعـاريف محـددة تعتمـد على أسس رياضية مستقلة عن شخصية القائم بالقياس.

---

(1) وهو قياس يخرج عن التعريف العلمـي لكلمـة مقيـاس لأن المقيـاس العلمـي هـو المقيـاس الـذي إذا استخدم بواسطة أي شخص يحقق نفس نتيجة القياس، وهو ما لا ينطبق في هذه الحالة.

(2) أي اعتمدا على الاعتقاد الشخصي.

وتلعب الاحتمالات الشخصية دوراً هاماً في مجال اتخاذ القرارات وإدارة الأعمال، باعتبار أنها تعتمد على خبرة المديرين ورجال الأعمال وقدراتهم الشخصية على إدراك حركة الأسواق، واتجاهاتها في المستقبل مما يجعلهم يفترضون احتمالات معينة لمتغيرات مستقبلية ويتمسكون بها عن اقتناع تام، ولا يكون على محلل البيانات سوى إدخال تلك المعلومات في تحليله وإظهار ما يترتب على ذلك من آثار سواء على العائدات أو التكاليف كما سنرى فيما بعد.

وفي المقابل نجد ، المقاييس التجريدية للاحتمال، والتي ستقدم منها مقياسين فقط هما المقياس التقليدي للاحتمال والمقياس التجريبي للاحتمال، يعتمدان على النظريات الرياضية التقليدية[1] والتي لا نحتاج للدخول في تفاصيلها، إلا أنه قد يكون من الأفضل التعرض لبعض التعاريف المرتبطة بهذه المقاييس.

2- التعاريف الأساسية:

تعريف (1): التجربة العشوائية:

هي تلك التجربة التي لا يمكن معرفة نتيجتها قبل إجرائها، فمثلاً يعتبر إلقاء قطعة عملة – نتيجته صورة أو كتابة – تجربة عشوائية، كما أ، سحب ورقة من مجموعة أوراق اللعب (الكوتشينة) يعتبر أيضاً تجربة عشوائية، ومن الممكن أننجد العديد من الأمثلة لتجارب عشوائية مثل إجراء عملية جراحية – نتيجتها النجاح أو الفشل – أو الذهاب في الكلية أو اللحاق بالأتوبيس أو بيع ألف وحدة من منتج معين أو بيع أقل من ذلك أو أكثر... إلخ، باعتبار أن كل هذه الأمثلة تشير إلى حالات لا يمكن معرفة نتائجها مسبقاً، أي أن هناك مفهوم متسع لمصطلح التجربة العشوائية، فهو يشمل التجارب المعملية متعددة النتائج أو الظواهر الطبيعية أو الاجتماعية أو الاقتصادية أو الصحية... إلخ. والتي ينطبق عليها التعريف السابق ويطلق عليها البعض التجربة الإحصائية.

(1) ليس هناك تعارض بين هذين المقياسين كما قد يتبادر للذهن ولكن كل منهما يكمل قصوراً في الآخر.

تعريف (2): النتائج الشاملة:

هي مجموعة النتائج التي يمكن أن نحصل عليها من التجربة العشوائية، والتي تتضمن كافة البدائل الممكنة.

مثال (1):

إذا ألقينا قطعة نقود مرة واحدة فإن النتائج الشاملة التي نحصل عليها إما أن تكون الوجه الذي يحمل الصورة (وسنرمز له بالرمز ص) أو الوجه الذي يحمل الكتابة (وسنرمز له بالرمز ك)، أي أن النتائج الشاملة بالرموز هي (ص، ك) فإذا ألقينا قطعتي نقود مرة واحدة فإن النتائج الشاملة تصبح (ص ص ، ص ك ، ك ص، ك ك) حيث تشير " ص ص " إلى ظهور الصورة في حالة إلقاء قطعتي العملة الأولى والثانية بينما نجد أن " ص ك " تشير إلى ظهور الصورة عند إلقاء القطعة الأولى وظهور الكتابة عند إلقاء القطعة الثانية ... وهكذا.

مثال (2):

عند إلقاء زهرة النرد مرة واحدة فإن النتائج الشاملة التي يمكن أن نحصل عليها هي (1، 2، 3، 4، 5، 6)، لذلك يشار إليها باعتبارها مجموعة النتائج الشاملة.

تعريف (3): النتائج المتماثلة:

هي النتائج التي تكون فرصة ظهورها متساوية.

مثال (3):

في تجربة إلقاء زهرة الطاولة فإن فرصة ظهور الرقم 1 تتساوى مع فرصة ظهور الرقم 2 وكذلك مع فرصة ظهور الرقم 3 و... إلخ. بمعنى أن أوجه قطعة النرد عددها 6 أوجه، وكل رق يشغل وجهاً واحداً، لذلك ففرصة ظهور أي رقم تتمثل في ظهور الوجه الذي يحمل هذا الرقم، أي هي حالة واحدة لذلك يقال أن نتائج إلقاء زهرة النرد نتائج متماثلة.

مثال (4):

صندوق به خمس كرات بيضاء وثلاث كرات حمراء متماثلة الحجم، فإذا سحبنا من هذا الصندوق كرة واحدة عشوائياً فإن فرصة الحصول على كرة حمراء لا تتساوى مع فرصة الحصول على كرة بيضاء (عدم تساوي الاحتمالات) وبالتالي فإننا نتعامل مع نتائج غير متماثلة.

تعريف (4): النتائج المتنافية:

هي تلك النتائج التي لا يمكن أن تقع أي نتيجتين أو أكثر منها معاً في آن واحد، أي أنها النتائج التي يؤدي وقوع إحداها إلى انتفاء أو استحالة حدوث أي من النتائج الأخرى.

مثال (5):

في تجربة إلقاء قطعة عملة مرة واحدة فإن النتائج الشاملة هي ظهور الوجه الذي يحمل الصورة أو ظهور الكتابة وهما نتيجتان متنافيتان، فظهور الصورة على السطح العلوي لقطعة العملة ينفي ظهور الكتابة والعكس صحيح.

مثال (6):

في تجربة سحب ورقة من مجموعة أوراق اللعب الكاملة (الكوتشينة) فإن ظهور الرقم 10 وكذا ظهور اللون الأحمر في الورقة المسحوبة لا يعتبران من النتائج المتنافية لأنه يمكن حدوثهما معاً، بينما لا ينطبق ذلك مثلاً على ظهور الرقم 10 وصورة حيث تدخل هذه الحالة ضمن النتائج المتنافية التي يستحيل حدوثهما معاً بالنسبة لنفي الورقة.

تعريف (5): الحدث العشوائي:

يعتبر الحدث العشوائي أحد النتائج التي يمكن أن نحصل عليها من تجربة عشوائية، ففي تجربة إلقاء قطعة عملة يكون ظهور الصورة حدث عشوائي وظهور

الكتابة حدث عشوائي آخر، وبالمثل إذا ألقينا زهرة نرد (زهرة طاولة) مرة واحـدة فـإن ظهـور أي من الأرقام 1، 2، .... ، 6 يمثل أحداث عشوائية مختلفة. وهذه الأحـداث العشـوائية يمكـن أن تكون بسيطة إذا كانت تناظر النتائج الأولية للتجربة العشوائية، بينما يقال أنهـا أحـداث عشوائية مركبـة إذا كانـت تنـاظر مجموعـة (اثنـين أو أكـثر) مـن تلـك النتـائج. فمـثلاً يعتـبر الحصول على رقم زوجي في تجربة رمي زهرة النرد مـرة واحـدة حـدث عشـوائي مركـب لأنـه يمكن أن نصل إلى هذه النتيجة من الحصول على الرقم 2 أو الرقم 4 أو الرقم 6.

وتحمل الأحداث العشوائية المختلفة صفة النتائج التي تبنى عليها فإذا كانـت النتـائج شاملة كان من الممكن اعتبار الأحداث شـاملة أمـا إذا كانـت النتـائج متنافيـة فـإن الأحـداث العشوائية تعتبر أيضاً متنافيـة، وبـنفس الطرقـة إذا كانـت النتـائج متماثلـة كانـت الأحـداث العشوائية متماثلة، وعلى سبيل المثال فإنه في تجربة رمي زهـرة الـنرد مـرة واحـدة يمكننـا أن نعرف الأحداث العشوائية الآتية:

أ$_1$ هو الحصول على الرقم 1

أ$_2$ هو الحصول على الرقم 2

أ$_3$ هو الحصول على الرقم 3

أ$_4$ هو الحصول على الرقم 4

أ$_5$ هو الحصول على الرقم 5

أ$_6$ هو الحصول على الرقم 6

وبالتالي فإن أ$_1$، أ$_2$، أ$_3$، أ$_4$، أ$_5$، أ$_6$، تعتبر مجموعة الأحداث العشوائية الشاملة (كما يتضح من المثال " 2 ") والمتماثلة (كما يتضح من المثال " 3 ") والمتنافية (لأن حدوث أحـدهما يمنـع وقوع أي من الأحداث الأخرى.

مثال (7):

إذا سحبنا ورقة من مجموعة أوراق اللعب وعرفنا الأحداث العشوائية التالية:

الحدث $أ_1$ هو الحصول على الرقم 5

الحدث $أ_2$ هو الحصول على اللون الأسود

الحدث $أ_3$ هو الحصول على اللون الأحمر

الحدث $أ_4$ هو الحصول على صورة

بين إذا كان هناك تنافي أو تماثل للأحداث التالية:

(1) الحدث $أ_1$ ، $أ_2$ (2) الحدث $أ_2$ ، $أ_3$

(3) الحدث $أ_1$ ، $أ_4$ (4) الحدث $أ_3$ ، $أ_4$

الحـل

1- الحدثان $أ_1$ ، $أ_2$ غير متنافيين لأنهما من الممكن أن يحدثا معاً وليسا متماثلين لأن عدد الأوراق ذات اللون الأسود لا يتساوى مع عدد الأوراق التي تحمل الرقم 5 في مجموعة أوراق اللعب.

2- $أ_2$ ، $أ_3$ حدثان متنافيان ومتماثلان.

3- $أ_3$ ، $أ_4$ حدثان متنافيان وغير متماثلين.

4- $أ_3$ ، $أ_4$ حدثان غير متنافيان وغير متماثلين.

مثال (8):

عند إلقاء زهرتي نرد مرة واحدة:

أ- اكتب النتائج الشاملة لهذه التجربة.

ب- هل هذه النتائج متماثلة ومتنافية.

الحل

أ- النتائج الشاملة:

(1 ، 1)	(2 ، 1)	(3 ، 1)	(4 ، 1)	(5 ، 1)	(6 ، 1)
(1 ، 2)	(2 ، 2)	(3 ، 2)	(4 ، 2)	(5 ، 2)	(6 ، 2)
(1 ، 3)	(2 ، 3)	(3 ، 3)	(4 ، 3)	(5 ، 3)	(6 ، 3)
(1 ، 4)	(2 ، 4)	(3 ، 4)	(4 ، 4)	(5 ، 4)	(6 ، 4)
(1 ، 5)	(2 ، 5)	(3 ، 5)	(4 ، 5)	(5 ، 5)	(6 ، 5)
(1 ، 6)	(2 ، 6)	(3 ، 6)	(4 ، 6)	(5 ، 6)	(6 ، 6)

ب- تعتبر هذه المجموعة من النتائج متماثلة ومتنافية.

تعريف (6): الحوادث المكملة:

إذا أشارت " أ " إلى وقوع حدث معين وأشارت " أَ " إلى عدم وجود هذا الحدث فإن الحدث أَ يسمى بالحدث المكمل للحدث أ.

تعريف (7): التقاطع:

إذا كان " أ " و "ب" حدثين عشوائيين فإنه فيمكن تعريف التقاطع بينهما بالحدث (أ و ب) ونكتب عادة (أ ب) ويعني حدوث " أ " وحدوث " ب " معاً في نفس الوقت.

تعريف (8): الاتحاد:

يعرف الاتحاد بين حدثين عشوائيين " أ " و "ب" بأنه الحدث (أ أو ب) وتكتب عادة (أ + ب) ويعني حدوث " أ " أو حدوث ب أو حدوثهما معاً.

تعريف (9): الاستقلال:

يقال أن الحدثين أ و ب مستقلان إذا كان وقوع أحدهما أو عدم وقوعه لا يؤثر على احتمالات وقوع الحدث الآخر.

مثال (9):

إذا فرضنا أن الحدث أ هو الحصول على صورة عند رمي قطعة العملة، والحدث ب هو الحصول على ورقة حمراء عند سحب ورقة من مجموعة أوراق اللعب. الحدثان أ ، ب حدثان مستقلان الحصول على صورة عند رمي قطعة العملة لا يتأثر بكون الورقة المسحوبة حمراء أو سوداء والعكس صحيح فإن الحدث ب لا يتأثر بحدوث أ أو عدم حدوثه.

ويجب أن نلاحظ الفرق بين لاستقلال والتنافي، فالحدثان المتنافيان لا يحدثان معاً بينما نجد أن الحدثين المستقلين يمكن حدوثهما معاً.

تعريف (10): النتائج المواتية (أو الموافقة) لحدث معين:

هي تلك النتائج التي إذا وقعت إحداها يمكن أن نعتبر أن الحدث العشوائي قيد تحقق.

مثال (10):

في تجربة رمي زهر النرد، إذا عرفنا الحدث العشوائي أ بأنه الحصول على رقم زوجي، اكتب النتائج المواتية لتحقق هذا الحدث.

الحل

النتائج المواتية لتحقق " أ " هي 2، 4، 6.

مثال (11):

في تجربة رمي زهرتي النرد (مثال رقم 8) إذا عرفنا الأحداث العشوائية الآتية:

أ- هو أن يكون أحد الزهرتين أو كلاهما يحل الرقم 1.

ب- هو أن يكون مجموع الزهرتين أقل من أو يساوي 4.

أوجد الآتي:

1- النتائج المواتية لتحقق كل من أ ، ب.

2- هل الحدثان أ ، ب حدثان متنافيان ؟

الحل

1- النتائج المواتية لتحقق أ هي:

(1 ، 1) (1 ، 2) (1 ، 3) (1 ، 4) (1 ، 5) (1 ، 6)

(2 ، 1) (3 ، 1) (4 ، 1) (5 ، 1) (6 ، 1)

النتائج المواتية لتحقق ب هي:

(1 ، 1) (1 ، 2) (1 ، 3) (2 ، 1) (2 ، 2) (3 ، 1)

2- الحدثان أ ، ب حدثان غير متنافيين لأن هناك نتائج يمكن أن تحقق الاثنين معاً وهي:

(1 ، 1) (1 ، 2) (1 ، 3) (2 ، 1) (3 ، 1)

3- حساب الاحتمالات:

أشرنا من قبل أننا سوف نتعـرض لقيـاس الاحـتمالات باسـتخدام الأسـلوبيين التقليـدي والتجريبي.

أ- التعريف التقليدي للاحتمال:

إذا كانت ن هي عدد النتائج الشاملة المتماثلة المتنافية المحدودة العدد التي يمكن أن نحصل عليها من تجربة عشوائية، وكانت م هي عدد النتائج المواتية لتحقق الحـدث أ ، فـإن احتمال وقوع أ هو:

$$\text{ح (أ)} = \frac{\text{عدد النتائج المواتية لتحقق (أ)}}{\text{عدد النتائج الشاملة للتجربة}} = \frac{\text{م}}{\text{ن}}$$

مثال (12):

أوجد ح (أ) في المثال رقم (10) السابق.

الحل

$$\text{ح (أ)} = \frac{\text{عدد النتائج المواتية لتحقق (أ)}}{\text{عدد النتائج الشاملة للتجربة}} = \frac{3}{6} = \frac{1}{2}$$

مثال (13):

أوجد ح (أ) ، ح (ب) في المثال رقم (11) السابق.

الحـل

$$\text{ح (أ)} = \frac{\text{عدد النتائج المواتية لتحقق (أ)}}{\text{عدد النتائج الشاملة}} = \frac{11}{36}$$

$$\text{ح (ب)} = \frac{\text{عدد النتائج المواتية لتحقق (ب)}}{\text{عدد النتائج الشاملة}} = \frac{6}{36} = \frac{1}{6}$$

مثال (14):

إذا سحبنا ورقة من مجموعة أوراق اللعب، فأوجد الآتي:

1- احتمال أن تكون هذه الورقة حمراء.

2- احتمال أن تكون هذه الورقة تحمل صورة.

3- احتمال أن تحمل هذه الورقة رقم 4.

الحل

1- عدد النتائج الشاملة للتجربة " ن " = 52 نتيجة

لنفرض أن $أ_1$ تشير إلى الحدث العشوائي الذي يعتبر أن الورقة المسحوبة حمراء.

∴ عدد النتائج التي تحقق $أ_1$ " م " = عدد الأوراق الحمراء بمجموعة أوراق اللعب = 26 ورقة.

$$∴ ح (أ_1) = \frac{م}{ن} = \frac{26}{52} = \frac{1}{2}$$

2- عدد النتائج الشاملة " ن " = 52

ولنفرض أن $أ_2$ تشير إلى حدث عشوائي هو أن الورقة المسحوبة صورة.

∴ عدد النتائج المواتية لتحقق $أ_2$ " م " =

عدد الصور بمجمعة الورق اللعب = 12

$$∴ ح (أ_2) = \frac{12}{52} = \frac{3}{13}$$

3- عدد النتائج الشاملة = 52

لنفرض أن $أ_3$ تشير إلى حدث عشوائي هو أن الورقة المسحوبة تحمل الرقم 4

∴ عدد النتائج المواتية للحدث $أ_3$ = 4

$$∴ ح (أ_3) = \frac{4}{52} = \frac{1}{13}$$

ب- التعريف التجريبي للاحتمال:

يؤدي استخدام التعريف التقليدي للاحتمال إلى صعوبة حساب الاحتمالات في حالات عديدة لا ينطبق عليها شرط أو أكثر من شروط ذلك التعريف، وهي أن تكون النتائج الشاملة محدودة العدد ومتماثلة ومتنافية، وعلى سبيل المثال عندما نبحث عن أسلوب قياس احتمال أن تنجح عملية جراحية يجريها أحد الأطباء؟ يمكننا في هذه الحالة بالطبع القول بأن نتائج التجربة سواء كانت فشلاً أم نجاحاً تشكل نتائج شاملة محدودة ومتنافية ولكنها مع فرصة فشلها. وبنفس الطريقة إذا تساءلنا عن احتمال أن تمطر السماء في يوم محدد خلال شهر معين على مدينة القاهرة مثلاً؟ أو احتمال وفاة شخص معين من مواطني دولة محددة خلال عام؟ فإننا نجد في كل هذه الحالات أن هناك قصوراً في التعريف التقليدي للاحتمال. مما يجعلنا مضطرين إلى اللجوء للتعريف التجريبي.

ويمكن توضيح التعريف التجريبي للاحتمال: بأننا إذا أجرينا تجربة عشوائية عدداً كبيراً من المرات (كبيراً بدرجة كافية) وليكن هذا العدد " ن "، وتتبعنا ظهور حدث عشوائي معين " أ " ووجدنا أن هذا الحدث تحقق " ر " مرة فإن احتمال حدوث أ نحصل عليه بالشكل التالي:

$$ح\ (\ أ\ ) = \frac{ر}{ن}$$ حيث ن كبيرة بدرجة كافية[1].

مثال (15):

يطلق شخص لنار من بندقيته على هدف ثابت، فإذا أطلق 500 قذيفة على هذا الهدف أصاب منها 400 قذيفة. أحسب احتمال أ، يصيب هذا الشخص الهدف.

---

(1) تكتب هذه العلاقة بصورة عامة بالشكل الرياضي التالي:

$ح\ (\ أ\ ) = نهـا_{ن \to \infty}\ ر/ن$

الحل

عدد مرات إجراء التجربة " ن " = 500

عدد مرات إصابة الهدف " ر " = 400

$$\therefore \text{ احتمال إصابة الهدف } = \frac{\text{ر}}{\text{ن}} = \frac{400}{500} = 0.8$$

ملحوظة على التعريف التجريبي للاحتمال:

من الواضح أن هذا التعريف يعتمد على تكرار التجربة عدداً كبيراً من المرات وبالتالي يثور التساؤل المنطقي عن حجم هذا العدد الكبير؟ هل هو 1000 أو 10.000 أو 100 أو أقل من ذلك أو أكثر. ومن الضروري الإشارة هنا إلى أنه ليست هناك إجابة متفق عليها بين الأخصائيين، لأن حجم هذا العدد بصورة عامة يتوقف على الظاهرة محل الدراسة، فمثلاً في الظواهر نادرة الحدوث – كمرض نادر أو عطل نادر الحدوث بآلة – نجد أنه يلزم لتقدير هذا الاحتمال عدد قد يبلغ مئات الألوف أو أكثر بينما نلاحظ بالنسبة لظاهرة شائعة في بلد متخلف كالأمية أنه قد يكون من الكاف لتقدير احتمال أن تجد شخصاً أمياً، دراسة حالة عدد محدود لا يزيد عن مائة حالة فقط. وبصورة عامة فإننا سوف نعتبر أنه عندما يصل عدد الحالات إلى 100 فإنه يكون عدداً كافياً.

مثال (16):

إذا ألقينا قطعة عملة 1000 مرة فظهرت الصورة في 460 مرة منها. استكمل ما يلي:

أ- احسب احتمال ظهور الصورة عند رمي قطعة النقود مرة واحدة.

ب- هل يمكن القول أن ظهور الصورة وظهور الكتابة حدثان متماثلان هنا؟

الحل

أ- نفرض أن ص تشير إلى ظهور الصورة:

$$\therefore \text{ح (ص)} = \frac{\text{ر}}{\text{ن}} = \frac{460}{1000} = 0.46$$

ب- الحدثان هنا غير متماثلين لأن احتمال ظهور الصورة لا يساوي احتمال ظهور الكتابة ومن ثم يقال أن قطعة العملة متحيزة أو غير متزنة.

4- قوانين الاحتمالات:

أولاً: إذا كان " أً " هو الحدث المكمل لـ " أ " فإن:

ح (أ) + ح (أً) = 1   أي أن   ح (أً) = 1 – ح (أ)

مثال (17):

أجرى طبيب 200 عملية جراحية نجح منها 190 عملية. فإذا عرفنا الحدث أ بأنه نجاح عملية جراحية يجريها هذا الطبيب فإن الحدث أً يعني عدم نجاح عملية يجريها هذا الطبيب. فإذا كان:

$$\text{ح (أ)} = \frac{190}{200} = 0.95$$

ح (أً) = 1 – 0.95 = 0.05

ثانياً: الاحتمال الشرطي:

الاحتمال الشرطي هو احتمال وقوع حدث (وليكن ب) بشرط وقوع (أي تحقق) حدث آخر (ليكن أ) ويكتب ح (ب/أ). ويلاحظ أنه إذا كان الحدثان مستقلين فإن:

ح (ب/أ) = ح (ب)

وكذلك ح (أ/ب) = ح (أ)

مثال (18):

صندوق به 5 كرات حمراء وثلاث كرات بيضاء، سحبنا من هذا الصندوق كرتين على التوالي (بدون إعادة الكرة المسحوبة قبل إجراء السحبة الثانية) فإذا أشارت أ إلى كون الكرة الأولى المسحوبة حمراء وأشارت ب إلى كون الكرة الثانية المسحوبة بيضاء. فأوجد ح (ب/أ).

الحل

ح (ب/أ) تعني أن أ قد تحقق وأننا نبحث بعد ذلك احتمال ب، وتحقق أ يعني أن الصندوق بعد السحبة الأولى سيصبح به 4 كرات حمراء وثلاث كرات بيضاء. أي أن عدد النتائج الشاملة سيصبح 7 كرات داخل الصندوق وعدد النتائج التي تحقق ب سيصبح 3 كرات بيضاء، لذلك فإن:

$$ح\ (\ ب/أ\ ) = \frac{3}{7}$$

مثال (19):

إذا ألقينا قطعة عملة متزنة مرة واحدة وأشارت أ إلى ظهور الصورة، وألقيت زهرة نرد مرة واحدة أيضاً وأشارت ب إلى ظهور رقم زوجي فأوجد:

1- ح (أ/ب) 2- ح (ب/أ)

الحل

1- لحساب ح (أ/ب) نوجد عدد النتائج الشاملة لرمي قطعة عملة بفرض أن ب قد تحقق أي بفرض ظهور رقم زوجي على زهرة النرد فسنجد أن هذا العدد يساوي 2 وعدد النتائج المواتية منها لظهور الصورة = 1 لذلك نجد أن: ح (أ/ب) = 2/1 ؟؟؟؟؟؟؟؟ بدون شرط.

2- وبالمثل كما في (1) سنجد أن:

$$ح\,(ب/أ) = \frac{3}{6} = \frac{1}{2} = ح\,(ب)$$

وللاحتمال الشرطي أهمية تطبيقية كبيرة، فعادة يكون من السهل حسابه من البيانات المباشرة، كما يتضح من المثال الآتي:

مثال (20):

مصنع به ثلاثة خطوط للإنتاج تقدم 100 و 200 و 200 وحدة على الترتيب، كما أن عدد الوحدات المعيبة ضمن إنتاج كل خط إنتاجي هو 2 ، 3 ، 2 وحدة على الترتيب. فإذا استخدمنا $أ_1$ ، $أ_2$ ، $أ_3$ للتعبير عن خطوط الإنتاج الثلاثة على الترتيب واعتبرنا أن ب تشير إلى أن الوحدة المنتجة معيبة. فأوجد قيمة احتمال أن تكون الوحدة المختارة من خط إ،تاجي معين معيبة.

الحل

يتضمن هذا المثال حساب نوعين من الاحتمالات، الأول منها خاص بحساب احتمالات انتماء المفردة إلى كل خط إنتاجي على النحو التالي:

1- احتمال أن تكون المفردة المختارة من إنتاج خط الإنتاج الأول:

$$ح\,(أ_1) = \frac{100}{500} = \frac{1}{5}$$

2- احتمال أن تكون المفردة المختارة من إنتاج خط الإنتاج الثاني:

$$ح\,(أ_2) = \frac{200}{500} = \frac{2}{5}$$

3- احتمال أن تكون المفردة المختارة من إنتاج خط الإنتاجي الثالث:

$$ح\,(أ_3) = \frac{200}{500} = \frac{2}{5}$$

أما النوع الثاني من الاحتمالات فهي احتمالات شرطية خاصة بأن تكون الوحدة المختارة من خط إنتاجي معين معيبة.

4- احتمال أن تكون المفردة المختارة معيبة بشرط أنها من إنتاج $أ_1$:

$$ح (ب/أ_1) = \frac{2}{100} = 0.02$$

5- احتمال أن تكون المفردة المختارة معيبة بشرط أنها من إنتاج $أ_2$:

$$ح (ب/أ_2) = \frac{3}{200} = 0.015$$

6- احتمال أن تكون المفردة المختارة معيبة بشرط أنها من إنتاج $أ_3$:

$$ح (ب/أ_3) = \frac{2}{200} = 0.01$$

ثالثاً: إذا كان أ ، ب حدثين متنافيين فإن:

ح (أ ب) = صفر لأن الحدثين المتنافيين لا يقعان في نفس الوقت.

رابعاً: إذا كان الحدثان أ ، ب مستقلين فإن:

ح (أ ب) = ح (أ) × ح (ب)

خامساً: بالنسبة لأي حدثين أ ، ب نجد أن احتمال وقوعهما معاً في نفس الوقت:

ح (أ ب) = ح (أ) × ح (ب/أ)

ويمكن كتابته أيضاً على الشكل التالي:

ح (أ ب) = ح (ب) × ح (أ/ب)

سادساً: وبالنسبة لنفس الحدثين فإن احتمال وقوع أي منهما أو وقوعهما معا:

ح (أ + ب) = ح (أ) + ح (ب) – ح (أ ب)

فإذا كان الحدثان أ ، ب متنافيين فإن ح (أ ب) تساوي الصفر وبالتالي فإن:

ح (أ + ب) = ح (أ) + ح (ب)

أما إذا كان أ ، ب حدثين مستقلين فإن:

ح (أ ب) = ح (أ) × ح (ب) وبالتالي فإن

ح (أ + ب) = ح (أ) + ح (ب) – ح (أ) × ح (ب)

مثال (21):

على أساس بيانات المثال رقم (18) أوجد ح (أ ب)، أي احتمال أن تكون الكرة الأولى حمراء والثانية بيضاء.

الحل

5- احتمال أن تكون المفردة المختارة معيبة بشرط أنها من إنتاج أ$_2$:

ح (أ ب) = ح (أ) × ح (ب/أ) = $\frac{5}{8} \times \frac{3}{7} = \frac{15}{56}$

مثال (22):

إذا اعتبرنا أن الحدث " أ " هو سحب ورقة من مجموعة أوراق اللعب على أن تكون صورة.

وإذا اعتبرنا أن الحدث " ب " هو الحصول على صورة عند رمي قطعة عملة مرة واحدة، فأوجد ح (أ ب).

الحل

أ ، ب حدثان مستقلان لذلك فإن:

ح (أ ب) = ح (أ) × ح (ب) = $\frac{12}{52} \times \frac{1}{2} = \frac{3}{26}$

مثال (23):

إذا سحبنا ورقة من مجموعة أوراق اللعب، وأشارت " أ " إلى كون الورقة المسحوبة تحمل اللون الأحمر و " ب " إلى كون الورقة المسحوبة تحمل الرقم 10 و " جـ " إلى كون الورقة المحسوبة تحمل صورة، فأوجد:

1- ح (أ ب)　　　　2- ح (ب جـ)

الحل

1- الحدثان أ ، ب غير متنافيين ، وبالتالي فإن:

ح (أ ب) = ح (أ) × ح (ب/أ)

$$\text{ح (أ)} = \frac{26}{52} = \frac{1}{2}$$

لحساب ح (ب/أ) فإن عدد النتائج الشاملة بشرط تحقق أ (أي بشرط أننا نختار من الورق الأحمر) هو 26 ورقة حمراء وعدد النتائج المواتية لتحقق الحدث ب بشرط تحقق أ هو 2 ورقة حمراء (عدد الأوراق الحمراء التي تحمل الرقم 10) لذلك فإن:

$$\text{ح (ب)} = \frac{2}{26}$$

$$\therefore \text{ح (أ ب)} = \frac{1}{2} \times \frac{2}{26} = \frac{1}{26}$$

ويمكن التوصل إلى الاحتمال المطلوب بالطريقة المباشرة لحساب الاحتمال طبقاً للتعريف التقليدي، وذلك كالآتي:

(أ ب) تعني تحقق " أ " وتحقق " ب " في نفس الوقت لذلك نوجد عدد النتائج المواتية لتحقق " أ " و "ب" في نفس الوقت من مجموعة أوراق اللعب أي

عدد النتائج التي تكون فيها الورقة المسحوبة تحمل اللون الأحمر و الرقم 10 في نفس الوقت، أي نوجد م ونجد أن قيمتها هي:

م = 2

بينما عدد النتائج الشاملة لمجموعة أوراق اللعب أي " ن " = 52

لذلك فإن:

$$ح (أ ب) = \frac{م}{ن} \times \frac{2}{52} = \frac{1}{26}$$

2- ب ، جـ حدثان متنافين لأن مجموعة أوراق اللعب لا تتضمن أوراقاً تحمل صورة وفي نفس الوقت تحمل الرقم 10، لذلك فإن:

ح (ب جـ) = صفر

سابعاً: إذا كان لدينا حدث " ب " يقع مصاحباً لمجموعة من الأحداث الشاملة المتنافية $أ_1$ ، $أ_2$ ، $أ_3$ ، ...... ، $أ_ن$ ، فإن:

ح (ب) = ح ($أ_1$) × ح (ب/$أ_1$) + ح ($أ_2$) × ح (ب/$أ_2$) + ...

+ ح ($أ_ن$) × ح (ب/$أ_ن$)

مثال (24):

ثلاثة محاسبين أحمد وتوفير وأنور يسجلون قيودهم في دفتر واحد ليومية شركة، فإذا كان من المعتاد أن يسجل أحمد 50% وتوفير 30% وأنور 20% من هذه القيود، وكان من المعلوم أيضاً أن احتمال خطأ أحمد بأحد القيود هو 0.01 واحتمال خطأ توفير 0.02 واحتمال خطأ أنور 0.015، أوجد احتمال أن يجدا لمراجع خطأ في القيد بدفتر اليومية بأحد الأيام.

الحل

ب تشير إلى العصور على خطأ في القيد بدفتر اليومية بأحد الأيام

أ$_1$ هو أن يكون القيد بالدفتر من تسجيل أحمد

أ$_2$ هو أن يكون القيد بالدفتر من تسجيل توفيق

أ$_3$ هو أن يكون القيد بالدفتر من تسجيل أنور

ونجد أن المعطى هو الآتي:

ح (أ$_1$) = 0.5 ح (أ$_2$) = 0.3 ح (أ$_3$) = 0.2

ح (ب/أ$_1$) = 0.01 ح (ب/أ$_2$) = 0.02 ح (ب/أ$_3$) = 0.015

∴ ح (ب) = ح (أ$_1$) × ح (ب/أ$_1$) + ح (أ$_2$) × ح (ب/ أ$_2$) +ح (أ$_3$) × ح (ب/أ$_3$)

= 0.5 × 0.1 + 0.3 × 0.02 + 0.2 × 0.015

= 0.005 + 0.006+ 0.003

= 0.014

ثامناً: نظرية بايز:

وهي قاعدة عامة أو أسلوب لإعادة حساب الاحتمالات على أساس بيانات أو معلومات جديدة ويمكن صياغتها باستخدام نفس الرموز السابق استخدامها على النحو التالي:

بفرض أن لدينا حدث " ب " يقع مصاحباً لمجموعة من الأحداث الشاملة المتنافية أ$_1$ ، أ$_2$ ، .... ، أ$_ن$، أو بصفة عامة من " أو " فإنه يمكن حساب احتمال ح (أو / ب) وفقاً للنظرية على الصورة:

$$\text{ح (أ و/ ب)} = \frac{\text{ح (أو)} \times \text{ح (ب/ أو)}}{\text{ح (ب)}}$$

ولهذه النظرية أهمية تطبيقية كبيرة في الحياة العملية باعتبارها تتيح الفرصة لإعادة تقييم الموقف وإعادة حساب الاحتمالات السابق تحديدها. فمثلاً لاحظ أحد تجار التجزئة أن أحد موديلات الملابس قد زاد توزيعه بشكل كبير في المناطق التي عرض بها، واستنتج من ذلك أن احتمالات أن يحقق هذا النموذج نفس مستوى المبيعات في محله تعتبر عالية ومن ثم قام بعمل طلبية كبيرة منه. وبعد عدة شهور راجع هذا التاجر تقديراته (الاحتمالات القبلية) لأنه وجد أن مخازنه تحتوي على كميات كبيرة من هذا الصنف لم يتم توزيعها، وبالتالي قام بإعادة حساب الاحتمالات بناء على هذه المعلومات الجديدة (الاحتمالات المراجعة أو البعدية). وتتم هذه المراجعة باستخدام نظرية بايز التي تقوم على مفهوم الاحتمال الشرطي وتفترض أنه يمكن حساب احتمال حدث معين " أو " بناء على المعلومات المتاحة عن احتمالات حدث آخر " ب ".

ويمكن توضيح الصورة بالاعتماد على البيانات الواردة في مثال (24) السابق مناقشته، فإذا فرضنا أن المراجع قد اكتشف خطأ في القيد بدفتر اليومية. وحاول تحديد احتمال أن يكون هذا الخطأ راجعاً لأحمد؟ وفي هذه الحالة يمكن تطبيق نظرية بايز مباشرة على النحو التالي:

$$ح\ (أ_1 / ب) = \frac{ح\ (أ_1) \times ح\ (ب / أ_1)}{ح\ (ب)}$$

$$= \frac{0.01 \times 0.5}{0.014} = \frac{0.005}{0.014} = \frac{5}{14}$$

وبالمثل يمكن حساب احتمال أن يكون الخطأ راجعاً لتوفيق وذلك بحساب ح ($أ_2$/ب) أو راجعاً لأنور بحساب احتمال ح ($أ_3$/ب).

مثال (25):

مصنع به أربعة خطوط للإنتـاج $أ_1$ ، $أ_2$ ، $أ_3$ ، $أ_4$ تنـتج عـلى الترتيـب 30%، 30%، 25%، 15% من إجمالي الإنتاج اليومي للمصنع، فإذا كان من المعلـوم أن نسـب التـالف لكـل خـط إنتـاج كانـت 0.5% ، 0.4% ، 0.6% ، 0.8% عـلى التـوالي، فـالمطلوب في حالـة الحصـول عـلى وحدة تالفة من إنتاج هذه المصنع حساب الاحتمالات التالية:

أ- احتمال أن تكون من إنتاج $أ_3$.

ب- احتمال أن تكون من إنتاج $أ_4$.

أ- احتمال أن تكون من إنتاج $أ_3$ أو من إنتاج $أ_4$.

الحل

يمكن تلخيص البيانات المعطاة لنا في الآتي حيث ترمز " ب " للوحدة التالفة:

ح ($أ_1$) = 0.3 ح (ب/$أ_1$) = 0.005

ح ($أ_2$) = 0.3 ح (ب/$أ_2$) = 0.004

ح ($أ_3$) = 0.25 ح (ب/$أ_3$) = 0.006

ح ($أ_4$) = 0.15 ح (ب/$أ_4$) = 0.008

والمطلوب هو حساب ح ($أ_3$ / ب)، ح ($أ_4$ / ب).

ح [($أ_3$/ب) + ($أ_4$/ب)]

أ- ح ($أ_3$ / ب) =

$$\frac{ح\ (أ_3)\ ح\ (ب/أ_3)}{ح\ (ب)}$$ حيث

ح (ب) = ح ($أ_1$) × ح (ب / $أ_1$) + ح ($أ_2$) × ح (ب/$أ_2$)

+ ح ($أ_3$) × ح (ب/$أ_3$) + ح ($أ_4$) ح (ب/ $أ_4$)

$$= 0.3 \times 0.005 + 0.3 \times 0.004 + 0.25 \times 0.006 + 0.15 \times 0.008$$

$$= 0.0015 + 0.0012 + 0.0015 + 0.0012$$

$$= 0.0054$$

ب- ح ($أ_4$/ب) =

$$\frac{\text{ح (} أ_4 \text{) ح (ب/} أ_4 \text{)}}{\text{ح (ب)}}$$

$$= \frac{0.15 \times 0.008}{0.0054} = \frac{0.0012}{0.0054} = \frac{12}{54} = \frac{4}{18}$$

ج- احتمال أن تكون من إنتاج $أ_3$ أو من إنتاج $أ_4$

ح [($أ_3$/ب) + ($أ_4$/ب)]

= ح ($أ_3$/ب) + ح ($أ_4$/ب) وذلك لأن الحدثين متنافيان

$$= \frac{5}{18} + \frac{4}{18} = \frac{9}{18} = \frac{1}{2}$$

5- المتغير العشوائي والتوزيعات الاحتمالية:

من المعروف أن المتغير العشوائي[1] هو ظاهرة أو علاقة تأخذ قيماً رقمية حقيقية. ويعتمد تحديد قيمة هذا المتغير على نتائج مجموعة من التجارب العشوائية التي يمكن أن يتم إجراؤها أو ملاحظتها خلال فترة زمنية معينة. وسوف نقوم في هذا القسم باستكمال مناقشة المتغيرات العشوائية في إطار التوزيعات الإحصائية المعروفة.

(1) يطلق عليه أيضاً المتغير الاحتمالي ولكن تعبير المتغير العشوائي هو الأكثر شيوعاً.

مثال (26):

عند رمي قطعتي نقود معاً مرة واحدة فإن النتائج الشاملة التي يمكن أن تحدث هـي (ص ص ، ص ك ، ك ص ، ك ك)، فإذا كان اهتمامنا بعدد الصور التي ظهرت كنتيجة للرمـي فإننا نجد أننا نهتم بمتغير عشوائي وليكن " س "، وهذا المتغير يأخذ القيمة الآتية:

س = صفر عندما يكون الناتج ك ك

س = 1 عندما يكون الناتج ص ك أو ك ص

س = 2 عندما يكون الناتج ص ص

وبالتـالي فإننـا نصـل إلى تعريـف واضـح ومحـدد للمتغـير العشـوائي (المتغـير الكمـي) باعتباره يأخذ قيماً عددية حقيقية طبقاً لنتائج تجربة عشوائية.

والمتغير العشوائي – كما سبق أن أشرنا – قد يأخذ قيماً متباعدة داخـل المـدى الخـاص به فيكون بذلك متغيراً عشوائياً متقطعاً (أو منفصـلاً) وقـد يأخـذ عـدداً لا نهائيـاً مـن القـيم فيصبح متغيراً عشوائياً مستمراً (داخل فترة أو فترات معينة).

مثال (27):

إذا ألقينا أربـع قطـع عملـة مـرة واحـدة، (في نفـس الوقـت) واعترنـا أن " س " مغـيراً عشوائياً يشير إلى عدد مرات ظهور الصورة في نتيجة التجربة، فإن المتغير " س " سيأخذ القيم 0 ، 1 ، 2 ، 3 ، 4 وهو متغير عشوائي متقطع أو منفصل.

وكما هو واضح تؤكد الأمثلة السابقة ارتباط المتغير العشوائي بنتائج تجربـة عشـوائية، لذلك يمكن حساب احتمال أن يأخذ هذا المتغير قيمه المختلفة، كما يتضح من المثال التالي:

مثال (28):

باستخدام بيانات المثال رقم (26) نجد أن المتغير العشوائي " س " يأخذ القيم 0 ، 1 ، 2. وحدث القيمة صفر عندما يكون ناتج التجربة العشوائية هو (كتابة – كتابة)، ولذلك فإن احتمال حدوث هذه القيمة يساوي 0.5 × 0.5 = 0.25

وبالنسبة للقيمة " 1 " فإنها تحدث عندما يكون الناتج أما " ك ص " أو " ص ك " ويحسب احتمال حدوثها (0.5 × 0.5 + 0.5 × 0.5) = 0.5

وبالمثل فإن القيمة " 2 " تحدث عندما يكون ناتج التجربة العشوائية " ص ص " واحتمال حدوثها يساوي 0.25.

ويمكن كتابة الاحتمالات السابقة في صورة جدول كالآتي:

جدول التوزيع الاحتمالي للمتغير " س "

س	0	1	2	المجموع
ح (س)	0.25	0.5	0.25	1

ويسمى الجدول السابق بالتوزيع الاحتمالي للمتغير العشوائي س، ويمكن وضع هذه النتيجة في صيغة رياضية كالآتي:

$$\text{ح (س)} = {}^{2}\text{ق}_{\text{س}}(0.5)^{\text{س}}(0.5)^{2-\text{س}} = {}^{2}\text{ق}_{\text{س}}\,(0.5)^{2}$$

حيث س = 0 ، 1 ، 2.

وهذه الصيغة الرياضية تعطي نفس القيم المعطاة بالجدول السابق إذا عوضنا عن قيم س المختلفة وهو ما يقودنا إلى استنتاج التعريف التالي للتوزيع الاحتمالي لمتغير عشوائي غير مستمر (متقطع).

تعريف:

التوزيع الاحتمالي لمتغير عشوائي منفصل (غير مستمر): هو جدول أو صياغة رياضية تعطي الاحتمالات التي ترتبط بقيم المتغير المختلفة، بحيث تحقق شرطين:

1- ح (س) $\leq$ صفر لجميع قيم س

2- مجموع ح (س) لجميع قيم س تساوي الواحد الصحيح (وتكتب $\sum_{-\infty}^{+\infty}$ ح (س) = 1).

مثال (29):

سحبت عينة من أسر أحدى المدن وبوبت بحسب حجم الأسرة فحصلنا على الجدول التكراري التالي:

جدول التوزيع التكراري لأسر العينة بحسب حجم الأسرة

حجم الأسرة	1	2	3	4	5	6	المجموع
عدد الأسر (التكرار)	50	150	250	320	300	230	1300

والمطلوب، حساب التوزيع الاحتمالي لحجم الأسرة.

الحل

يتطلب تحديد التوزيع الاحتمالي لحجم الأسرة لهذه العينة حساب الاحتمالات المناظرة للأحجام المختلفة للأسرة، وذلك كالآتي:

$$\text{ح} (1) = \frac{\text{عدد الأسر بالعينة المكونة من فرد واحد}}{\text{حجم العينة الكلي}}$$

$$= \frac{\text{ك}_1}{\text{مجـ ك}} = \frac{50}{1300} = 0.0385$$

(1)[1]

(1) ك$_1$ هو التكرار المناظر لحجم أسرة واحد، ك$_2$ هو التكرار المناظر لحجم أسرة 2، مجـ ك تكتب هكذا للتبسيط ولكن رياضياً يجب أن تكتب ($\sum_{ر=1}^{6}$ ك ر في هذا المثال) ويقصد بها مجموع التكرارات أي الحجم الكلي للعينة.

وبالمثل

$$ح\ (2) = \frac{ك_2}{مجـ\ ك} = \frac{150}{1300} = 0.1154$$

$$ح\ (3) = \frac{ك_3}{مجـ\ ك} = \frac{250}{1300} = 0.1923$$

وهكذا بالنسبة لـ ح (4)، ح (5) ، ح (6) ثم نضع النتائج في الجدول التالي الذي يعطي التوزيع الاحتمالي لحجم الأسرة بالعينة:

جدول التوزيع الاحتمالي لأسر العينة

حجم الأسرة	1	2	3	4	5	6	المجموع
ح (س)	0.039	0.115	0.192	0.246	0.231	0.177	1.000

ونلاحظ أن الجدول السابق يحقق الشرطين اللازمين للتوزيعات الاحتمالية فقيم ح (س) كلها موجبة (أي أن ح (س) $\geq$ صفر)، ومجمع هذه القيم يساوي الواحد الصحيح.

والمثال السابق يقدم نموذجاً للتوزيعات الاحتمالية المنفصلة أما التوزيعات الاحتمالية للمتغيرات المستمرة فهي تعرف عادة بصيغة رياضية تسمى دالة كثافة الاحتمال كما في المثال الآتي:

مثال (30):

إذا كانت أعمار اللمبات الكهربائية - مقاسة بالسنوات - التي ينتجها مصنع معين هي متغير عشوائي مستمر (نرمز له بالرمز "س") له دالة كثافة الاحتمال الآتية:

د (س) = { 2 س .... حيث 0 $\leq$ س $\leq$ 1
صفر .... خلاف ذلك

ولحساب الاحتمالات لعمر أي لمبة يستخدم أسلوب التكامل المحدود. كم أنه من الضروري تحقق شروط دالة التوزيع الاحتمالي في هذه الحالة أيضاً، وهي تتضمن أن يكون التكامل موجباً بالنسبة لدالة كثافة الاحتمال لأي فترة داخل المدى المعرفة فيه، كما أنه بدلاً من المجموع في حالة المتغيرات المنفصلة يكون التكامل بالنسبة لهذه الدالة على كل الفترة المعرفة فيها (كل المدى) مساوياً للواحد الصحيح. ولن ندخل في تفاصيل هذا النوع من الدوال، إذا أننا سنكتفي بدراسة المتغيرات المستمرة من خلال الجداول التكرارية كما هو موضح في المثال الآتي:

مثال (31):

يبين الجدول الآتي التوزيع التكراري لأعمار عينة من 1000 تلميذ من تلاميذ مدارس مدينة الجيزة:

جدول التوزيع التكراري لعينة تلاميذ مدارس مدينة الجيزة بحسب فئات الأعمار

فئات الأعمال بالسنوات	4-	6-	8-	10-	12-	14-	17-16	المجموع
عدد التلاميذ (التكرار)	70	150	220	260	200	60	40	1000

أوجد التوزيع الاحتمالي لفئات أعمار التلاميذ بالعينة. ومنها أوجد الآتي:

أ- احتمال أن نجد تلميذاً بالعينة عمره يقع بين 4 سنوات وأقل من 6 سنوات.

ب- احتمال أن نجد تلميذاً بالعينة عمره يقع بين 8 سنوات وأقل من 12 سنة.

ج- احتمال أن نجد تلميذاً بالعينة يزيد عمره عن 10 سنوات.

د- احتمال أن نجد تلميذاً بالعينة عمره أقل من 14 سنة.

الحل

جدول التوزيع الاحتمالي لفئات أعمار التلاميذ

(التوزيع التكراري النسبي)

فئات الأعمار (ف)	4-	6-	8-	10-	12-	14-	17-16	المجموع
الاحتمال (التكرار النسبي)	0.07	0.15	0.22	0.26	0.20	0.06	0.04	1.00

ومن الجدول السابق نستطيع حساب الاحتمالات المطلوبة كالآتي:

أ- احتمال أن نجد تلميذاً بالعينة عمره يقع بين 4 سنوات وأقل من 6 سنوات = 0.07

ب- احتمال أن نجد تلميذاً بالعينة يقع عمره بين 8 سنوات وأقل من 12 سنة = احتمال أن نجد تلميذاً ينتمي للفئة (8-) أو للفئة (10-) سنة

= 0.22 + 0.26 = 0.48

ج- احتمال أن نجد تلميذاً بالعينة يزيد عمره عن 10 سنوات = احتمال أن نجد تلميذاً يقع عمره في الفئات (10-) أو (12-) أو (16-)

= 0.26 + 0.20 + 0.06 + 0.04 = 0.56

د- احتمال أن نجد تلميذاً بالعين عمره أقل من 14 سنة = احتمال أن نجد تلميذاً يقع عمره في الفئة (4-) أو (6-) أو (8-) أو (10-) أو (12-)

= 0.07 + 0.15 + 0.22 + 0.26 + 0.20 = 0.9

ويمكن حساب هذا الاحتمال باستخدام الحدث المكمل أي:

ح (أن نجد تلميذاً بالعينة عمره أقل من 14 سنة)

= 1- ح (أن نجد تلميذاً بالعينة عمره أكبر من 14 سنة).

= 1– ح (أن نجد تلميذاً عمره يقع بالفئة (14-) أو (16-17))

= 1 – (0.04 + 0.6)

= 1 – 0.1 = 0.9

ملحوظة هامة:

الاحتمالات كما سبق أن ذكرنا للمتغيرات المتعلقة هي في واقع الأمر تكامل على دوال كثافة الاحتمال لهذه المتغيرات ومن ثم فهذه الاحتمالات توجد بحيث يكون الاحتمال داخل فترة م عينة، أما إذا كان الاحتمال لقيمة معينة كأن نقول ح (س = 10) فمعناه التكامل على نقطة ومن ثم يساوي الصفر.

6- العرض البياني للتوزيعات الاحتمالية:

تعرضنا في الفصل السابق لأساليب العرض البياني بالنسبة للمتغيرات النوعية باستخدام الأشكال الهندسية المختلفة، ومن المهم أيضاً أن نناقش الأشكال البيانية المناسبة للمتغيرات الكمية سواء المتقطعة أو المستمرة وهو ما سنعر له في الجزء التالي:

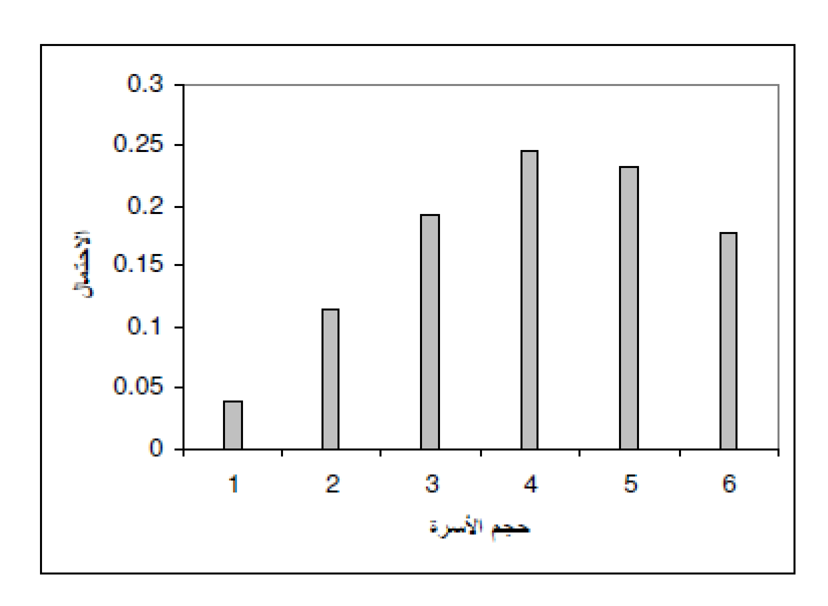
أ- العرض البياني للتوزيعات المتقطعة (غير المستمرة):

يمكن عرض التوزيعات الاحتمالية للمتغيرات المنفصلة بيانياً باستخدام الأعمدة المستقيمة التي تمثل خط واحد يتفق مع وضع هذه المتغيرات. ويمكن تفهم هذه الشكل للعرض البياني من المثال التالي الذي يمثل توزيعاً احتمالياً لمتغير منفصل.

مثال (32):

ارسم الشكل البياني الذي يمثل التوزيع الاحتمالي لحجم الأسرة والمبين بالجدول التالي:

حجم الأسرة	1	2	3	4	5	6	المجموع
ح (س)	0.039	0.115	0.192	0.246	0.231	0.177	1.000



التوزيع الاحتمالي لحجم الأسرة بالعينة

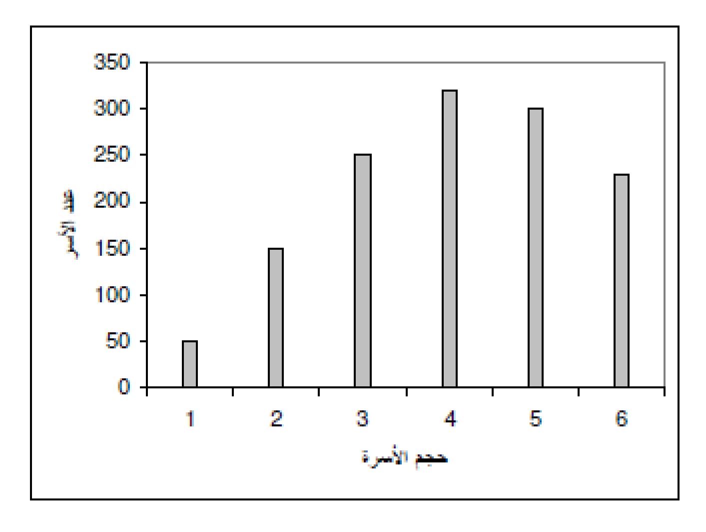
وتأخذ التوزيعات الاحتمالية للمتغيرات المنفصلة شكل الأعمدة المبين بالشكل. فهو يبين أنه لأي قيمة أقل من الواحد فإن الاحتمالي يساوي الصفر حتى نصل إلى الواحد الصحيح فنجد أن الاحتمال اختلف عن الصفر وأصبح 0.039 فإذا حدثت أي زيادة طفيفة من الواحد (ولا تصل بالقيمة إلى 2) فإن الاحتمال يعود للصفر حتى نصل للقيمة 2 عندها سنجد أن الاحتمال أصبح 0.115، فإذا زادت قيمة المتغير عن 2، أي زيادة ولو طفيفة (ولا تصل بالمتغير إلى 3) فإن الاحتمال يعود للصفر حتى تصل قيمة المتغير إلى 3 التي يصل عندها الاحتمال إلى 0.192 وهكذا....

ويستخدم نفس الأسلوب بالنسبة للتوزيعات التكرارية للمتغيرات الرقمية المتقطعة المبوبة في شكل جداول تكرارية، وفي واقع الأمر فإن الاختلاف بين عرض الجدول التكراري وتمثيل التوزيع الاحتمالي لنفس الجدول فش لك بياني

ينصب أساساً على مقياس الرسم المستخدم على المحور الرأسي إذ بدلاً من عرض الاحتمال سنقوم بعرض التكرار والعلاقة بينهما معروفة وهي أن:

التكرار لكل قيمة = الاحتمال × مجموع التكرار.

والشكل هو التمثيل البياني للجدول التكراري لتوزيع عينة الأسر بحسب حجم الأسرة.



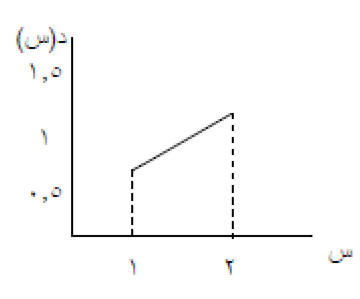
شكل التوزيع التكراري لتوزيع عينة الأسر حسب حجم الأسرة

ب- العرض البياني للتوزيعات المتصلة (المستمرة):

1- التوزيعات الاحتمالية:

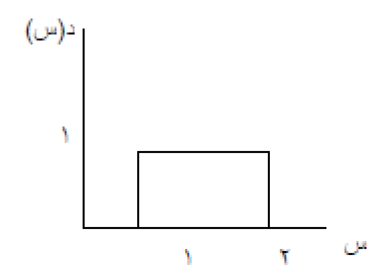
نبدأ هذا الجزء بمناقشة العرض البياني للتوزيعات الاحتمالية للمتغيرات المتصلة، وقد سبق أن بينا أن هذه التوزيعات الاحتمالية تعرف بدالة كثافة احتمالها ومن ثم فإن العرض البياني لها يقوم على منحنى هذه الدالة، وكما سبقت الإشارة فإنه يجب أن تكون المساحة تحت هذا المنحنى مساوية للواحد الصحيح. وتوضح

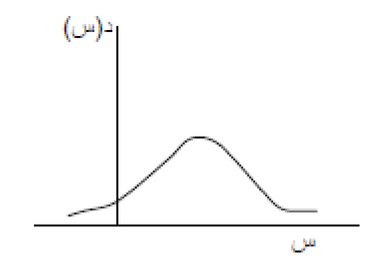
الأشكال التالية دوال كثافة الاحتمال لبعض المتغيرات المستمرة الأكثر شيوعاً واستخداماً في التطبيقات الهامة.



د(س) = س عندما 0 ≥ س > 1 حيث د(س) = س − 0.5

= 2 − س عندما 1 ≥ س > 2 عندما 1 > س > 2

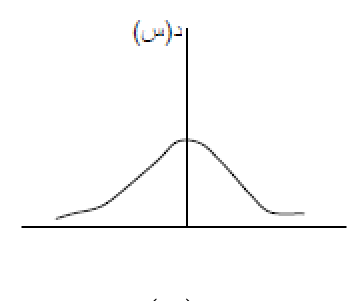


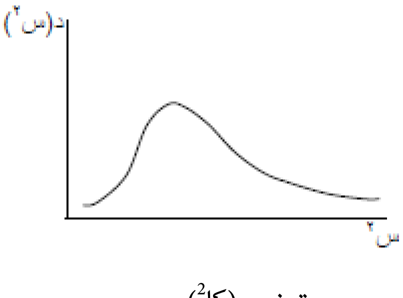


التوزيع المنتظم حيث

د(س) = 1 عندما 0.5 > س > 1.5

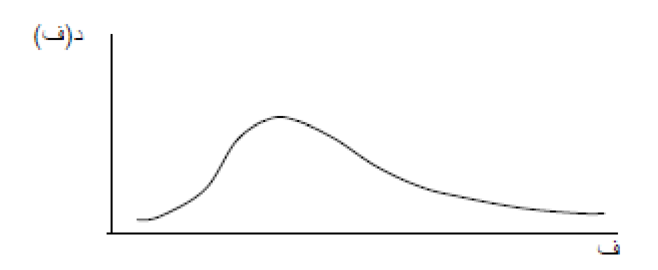
التوزيع المعتاد





توزيع (ت)

توزيع (كا^2)



توزيع " ف "

ويمكن حساب الاحتمالات من الرسم بحساب الساحة تحت المنحنى للفترة الخاصة بمدى المتغير محل الدراسة، ولكننا لن نخوض في التفاصيل الرياضية لهذه العمليات وسنكتفي بتناول العرض البياني للمتغيرات المستمرة من خلال مناقشة البيانات المبوبة في جداول تكرارية يمكن أن نحصل منها في نفس الوقت على التكرار النسبي أو الاحتمالات المناظرة للفئات (أي التوزيع الاحتمالي للفئات).

ويمكن أن يستخدم واحد أو أكث رمن الأشكال البيانية لعرض هذه التوزيعات وهي المدرج والمضلع والمنحنى. ويعتبر كل من المدرج والمنحنى أكثر هذه الأشكال شيوعاً في الاستخدام، وسنتناول الأشكال الثلاثة ببعض التفاصيل من خلال الأمثلة الآتية:

مثال (33):

اعرض جدول التوزيع الاحتمالي بالأشكال المناسبة للتوزيعات الاحتمالية المتصلة وهي المدرج والمضلع والمنحنى.

الحل

أ- رسم المدرج:

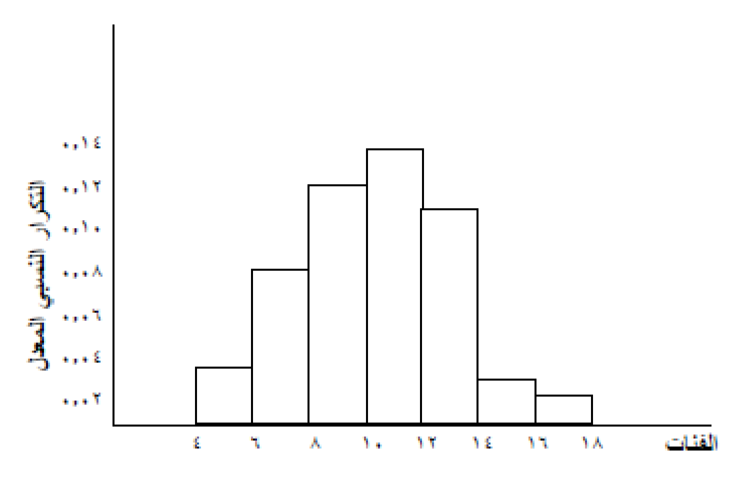
أشرنا إلى أن العرض البياني للتوزيعات الاحتمالية المستمرة يجب أن يضمن أن تكون المساحة تحت المنحنى أو داخل الشكل مساوية للواحد الصحيح وهو ما

ينظر إجمالي الاحتمالات لكل الفئات، كما أن المساحة المناظرة لكل فئة يجب أن تساوي احتمال هذه الفئة. وتمثل الاحتمالات الخاصة بكل فئة في المدرج بمستطيل مساحته تتناسب مع قيمة هذا الاحتمال، ولكنه بالنظر إلى أن مساحة المستطيل هي حاصل ضرب (طوله × عرضه) وحيث أن العرض هو طول الفئة فإنه يمكن حساب طول المستطيل (ارتفاعه عن المحور الأفقي) بقسمة الاحتمال على طول الفئة. ويسمى ناتج عملية القسمة بالتكرار النسبي المعدل، ويوضح الجدول التالي خطوات الحساب.

جدول خطوات إيجاد التكرار النسبي المعدل

الفئة (ف)	4-	6-	8-	0-	12-	14-	16-17	المجموع
ح (ف)	0.07	0.15	0.22	0.26	0.20	0.06	0.04	1.00
طول الفئة	2	2	2	2	2	2	2	
التكرار النسبي المعدل = ح(ف)/طول الفئة	0.035	0.075	0.110	0.130	0.100	0.030	0.020	

ويمكن بعد استكمال حساب التكرار النسبي المعدل رسم الفئات والتكرار النسبي المعدل المناظر لكل منها لنحصل على المدرج كما في الشكل التالي:



التوزيع الاحتمالي لفئات أعمار التلاميذ في شكل المدرج

ومن الواضح أن مساحة كل عمود في المدرج تناظر الاحتمال الخاص بالفئة موضع الاعتبار (مساحة العمول الأول = القاعدة (طول الفئة) × الارتفاع = 2 × 0.035 = 0.07 وهكذا العمود الثاني والثالث .... إلخ) ومن ثم فإن مجموع مساحة المدرج الكلية تساوي مجموع الاحتمالات أي تساوي الواحد الصحيح.

ب- عرض التوزيع الاحتمالي في شكل مضلع:

لرسم المضلع نتبع نفس خطوات الحساب بالجدول ثم نكون أمام أحد الاختيارين:

رسم المضلع على المدرك وذلك كالآتي:

نرسم المدرج كما سبق.

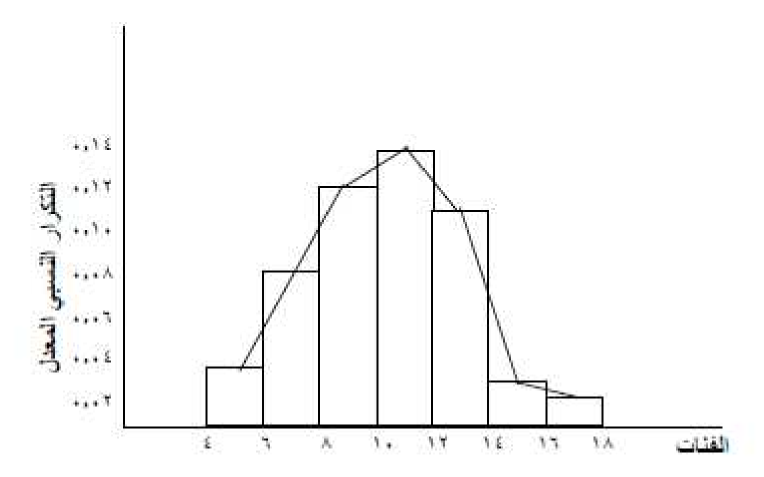
نحدد نقطة أعلى المستطيل تناظر مركز كل فئة[1].

---

(1) مركز الفئة هو القيمة المتوسطة لكل فئة وتحسب على أساس متوسط الحد الأدنى والأعلى للفئة (الحد الأعلى + الحد الأدنى)/2.

نفترض وجود فئة سابقة على الفئات المعطاة (ولتكن هنا الفئة 2-) وفئة لاحقة للبيانات (ولكن هنا الفئة 18-) ثم نحدد مركز كل منها على المحور الأفقي فيكون للفئة الأولى 3 وللفئة الأخيرة 19.

أخيراً نصل بخطوط مستقيمة (نرسمها بالمسطرة) بين كل نقطتين متتاليتين فنحصل على شكل المضلع. كما هو مبين في شكل التالي:

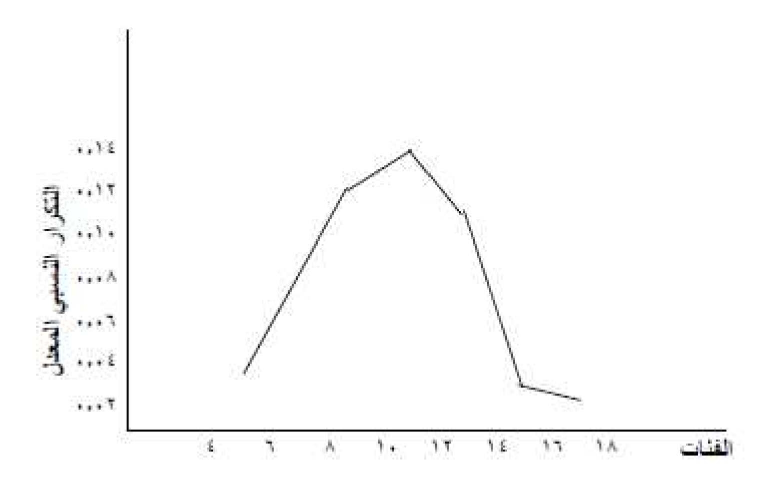


التوزيع الاحتمالي لفئات أعمار التلاميذ في شكل المضلع مع المدرج

ونلاحظ أن المساحة تحت المضلع تتساوى مع مساحة المدرج ومن ث تساوي الواحد الصحيح (ويمكن استنتاج ذلك هندسياً من الشكل).

رسم المضلع مباشرة:

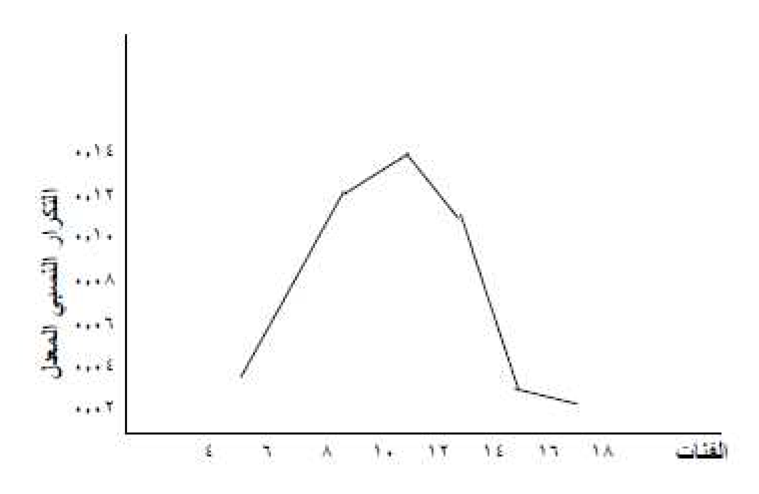
يمكن أن نقم مباشرة بتحديد نقطة مركز كل فئة ثم نقوم بتوقيعها على الرسم (نكتفي بتحديد تلك النقاط دون رسم المدرج) ثم نصل بين كل نقطتين متتاليتين بخط مستقيم (بالمسطرة) فنحصل على الشكل التالي:



التوزيع الاحتمالي لفئات أعمار التلاميذ في شكل المضلع

ج- عرض التوزيع الاحتمالي في شكل منحنى:

لرسم المنحنى نتبع نفس خطوات رسم المضلع (منفرداً دون رسم المدرج) وبدلاً من توصيل كل نقطتين متتاليتين بخط مستقيم فإننا نقوم بتمهيد الخطوط الواصلة بين النقاط لتمثل منحنى يراعى فيه أن يمر بكل النقاط أن أمكن (مع مراعاة شكل المنحنى الانسيابي) أو يقتصر على المرور بأغلبها ويتوسط النقاط التي لم يمر بها (نرسم أفضل منحنى يطابق النقاط). والشكل الآتي يبين تمثيل البيانات في شكل منحنى:



التوزيع الاحتمالي لفئات أعمار التلاميذ في شكل المنحنى

مثال (34):

يوضح الجدول التكراري التالي توزيع عمال مصنع بحسب فئات الأجر الشهري بالجنيه.

التوزيع التكراري لعينة عمال مصنع بحسب فئات الأجر الشهري

ف	25-	30-	40-	50-	70-79	المجموع
التكرار	5	20	35	30	10	100

والمطلوب:

1- إيجاد التوزيع التكراري النسبي لفئات الأجر.

2- رسم التوزيع الاحتمالي للفئات (التكرار النسبي) في شكل المدرج.

3- رسم التوزيع الاحتمالي للفئات في شكل المضلع.

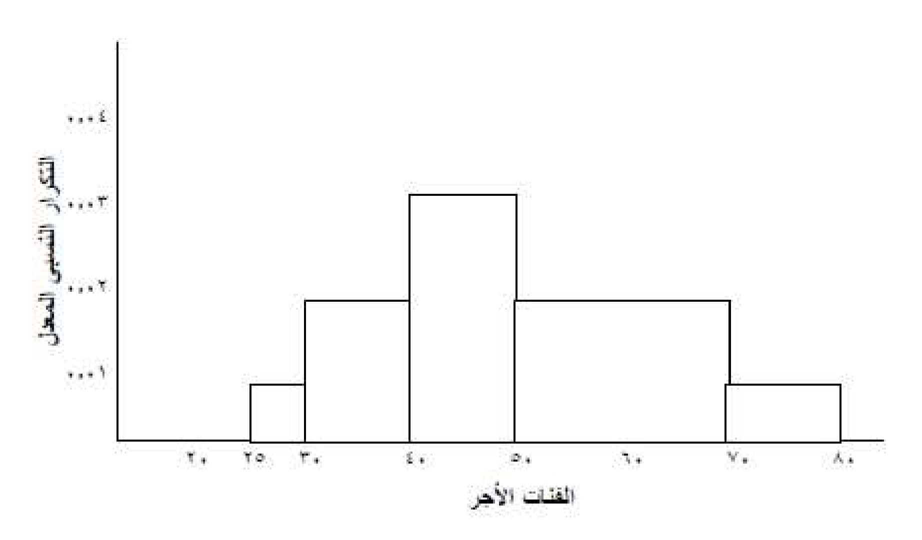
4- رسم منحنى التوزيع الاحتمالي للأجور

الحل

جدول حساب التكرار النسبي المعدل

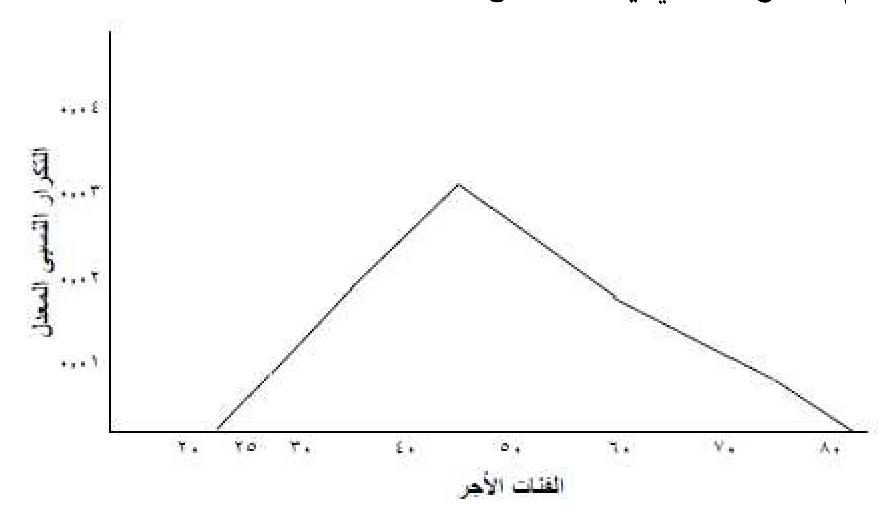
ف	-25	-30	-40	-50	79-70	المجموع
التكرار النسبي	0.05	0.20	0.35	0.30	0.10	1.00
طول الفئة	5	10	10	20	10	
التكرار النسبي المعدل	0.01	0.02	0.035	0.015	0.01	

2- رسم التوزيع الاحتمالي في شكل المدرج



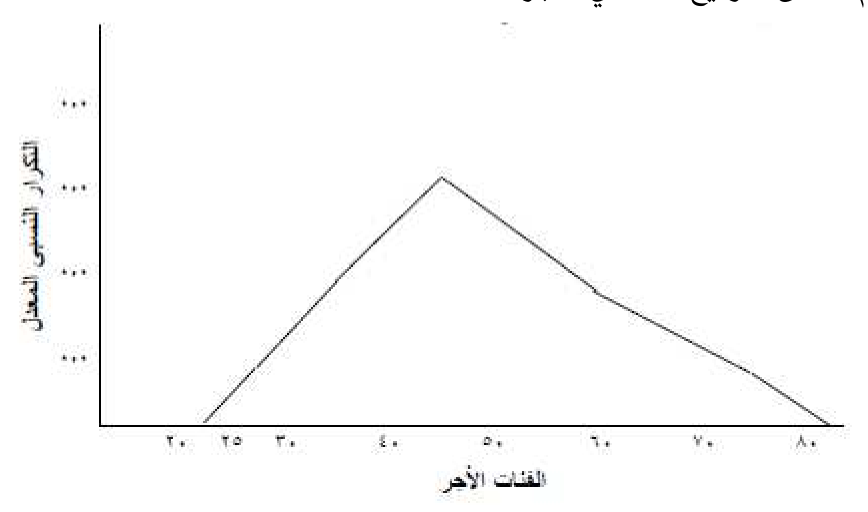
التوزيع الاحتمالي للفئات في شكل المدرج

3- رسم التوزيع الاحتمالي في شكل المدرج



التوزيع الاحتمالي لعمال المصنع حسب فئات الأجر الشهري في شكل المضلع

4- رسم منحنى التوزيع الاحتمالي للأجور:



منحنى التوزيع الاحتمالي للأجور

2- التوزيعات التكرارية للمتغيرات المتصلة:

عند عرض الجداول التكرارية في صورة بيانية فإننا نجد أن التوزيعات المستمرة منها تعرض في صورة مدرج تكراري أو مضلع أو منحنى تكراري، ولا يختلف أسلوب عرضها عن أسلوب عرض التوزيعات الاحتمالية سوى في أننا نسقط شرط أن المساحة تحت المنحنى تساوي الواحد الصحيح.

وتختلف خطوات عرض الجداول التكرارية بحسب الغرض من العرض البياني فقد تهدف إلى إبراز وإظهار خصائص التوزيع التكراري أو إجراء مقارنة بين أكثر من توزيع تكراري:

أ- العرض البياني لإظهار خصائص التوزيع التكراري:

نلاحظ هنا ثلاث حالات للجدول التكراري:

الحالة الأولى: الجداول التكرارية ذات الفئات المتساوية:

أشرنا فيما سبق إلى أن المساحة تعبر عن قيمة ما تمثله على الرسم البياني. ونحن نهتم في هذه الحالة بالتركيز على إظهار العلاقة النسبية بين تكرارات الفئات المتساوية الطول، مما يجعل ارتفاعات الأعمدة كافية للتعبير عن الاختلاف في التكرار كما أنها تعكس العلاقات النسبية بين المساحات ولذلك نرسم التكرارات كما هي معطاة بالجدول التكراري.

مثال (35):

الآتي هو التوزيع التكراري لعينة من عمال أحد المصانع بحسب فئات الأجر الأسبوعي بالجنيه:

جدول توزيع عينة العمال بحسب فئات الأجر الأسبوعي بالجنيه

فئات الأجر بالجنيه	5-	10-	15-	20-24	المجموع
عدد العمال	4	15	19	12	50

والمطلوب: عرض هذه البيانات بالأشكال الآتية:

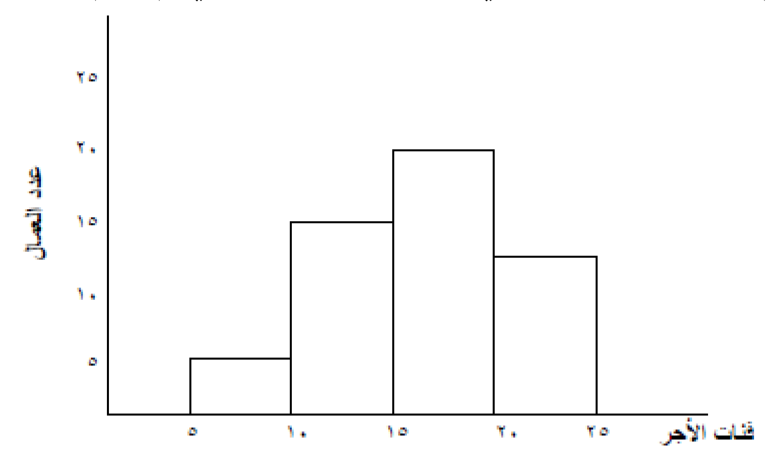
أ- المدرج التكراري ب- المضلع التكراري

ج- المنحنى التكراري

الحل

أ- العرض بشكل المدرج التكراري:

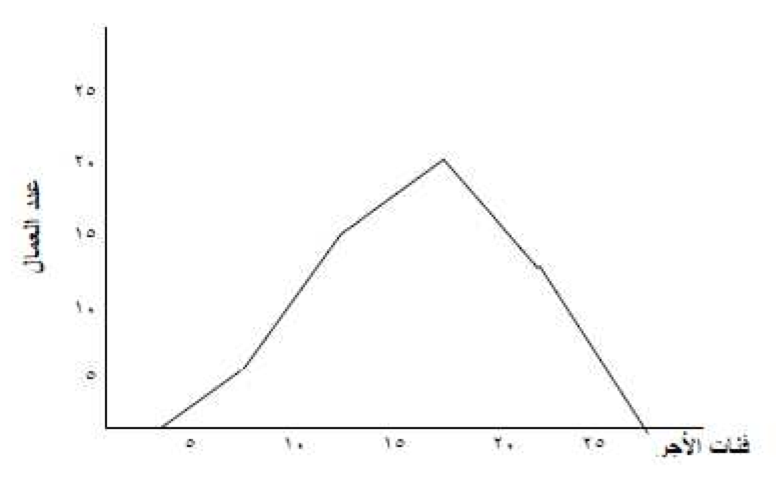
نرسم الفئات على المحور الأفقي والتكرار على المحور الرأسي ثم نرسم الشكل المدرج.



المدرج التكراري لتوزيع عينة العمال حسب فئات الأجر الأسبوعي بالجنيه

ب- العرض بشكل المضلع التكراري:

كما في حالة المدرج نرسم الفئات على المحور الأفقي والتكرار على المحور الرأسي ولكن تمثل قيمة التكرار كنقطة تناظر مركز الفئة ونفترض وجود فئتين سابقة على الفئة الدنيا ولاحقة للفئة العليا ثم نحدد مركز كل منهما بنقطة على المحور الأفقي، ثم نصل بين كل نقطتين متتاليتين بخط مستقيم، فنحصل على الشكل التالي:



المضلع التكراري لتوزيع العمال حسب فئات الأجر الأسبوعي

ج- العرض بشكل المنحنى التكراري:

نتبع نفس خطوات رسم المضلع التكراري، ولكن بدلاً من أن نصل بين النقاط بخطوط مستقيمة نمهد بينها منحنى باليد كما سبق بيانه، والشكل الآتي يبين التوزيع في شكل منحنى



المنحنى التكراري لتوزيع العمال حسب فئات الأجر الأسبوعي

الحالة الثانية: الجداول التكرارية ذات الفئات غير المتساوية:

لا نستطيع في هذه الحالة رسم المدرج التكراري مباشرة لأن اختلاف أطوال الفئات لـن يسمح بتطبيق قاعدة تناسب ارتفاعات الأعمدة مع التكرارات الخاصة بكـل عمـود نظـراً لأن المساحات سوف تختلف نتيجة لتفاوت أ"وال قواعد الأعمدة.

وللمحافظة على العلاقة النسبية الصـحيحة والـربط بـين ارتفاعـات الأعمـدة والتكـرار الذي تمثله كل فئة فإنه يلزمها إيجاد التكرار المعـدل، وهـو التكـرار الـذي يعـبر عـن الكثافـة داخل الفئة. ويمكن توضيح خطوات الحساب والرسم في هذه الحالة من واقـع بيانـات المثـال التالي:

مثال (36):

عينة من 100 شخص كان توزيعهم بحسب فئات السن كما يلي:

جدول توزيع أفراد عينة بحسب فئات السن

فئات السن	5-	10-	15-	25-	40-69	المجموع
عدد الأشخاص ك	5	18	42	27	8	100

والمطلوب: عرض هذه البيانات بالأشكال الآتية:

أ- المدرج التكراري ب- المضلع التكراري

ج- المنحنى التكراري

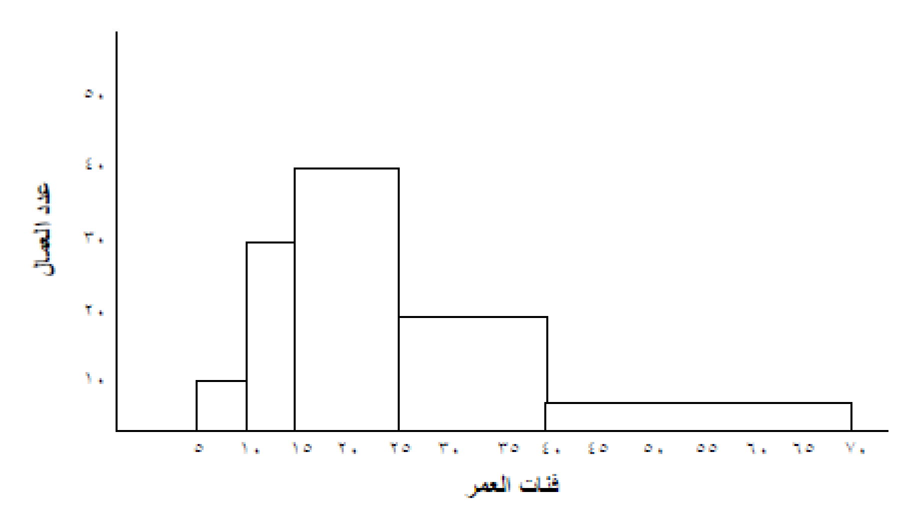
الحل

لعرض هذا الجدول ذو الفئات غير المتساوية نبدأ بإيجاد التكرار المعدل كالآتي:

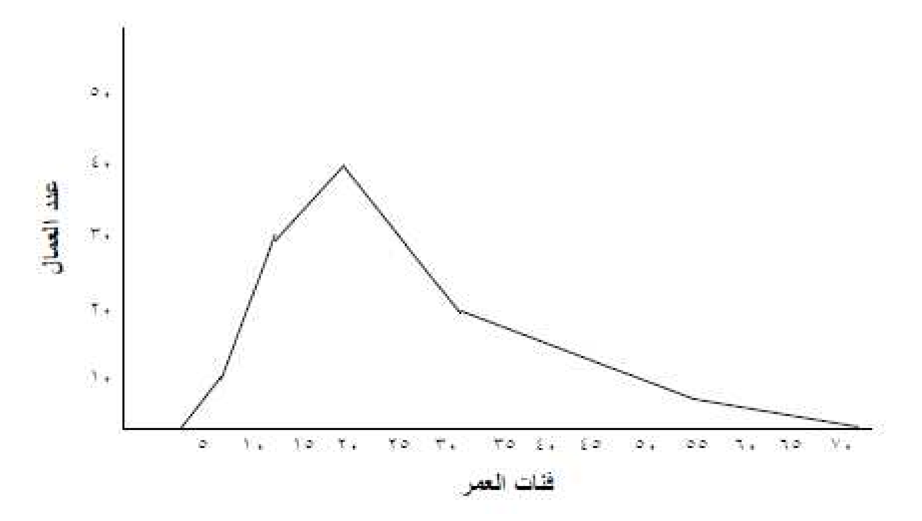
جدول حساب التكرار المعدل

ف	-5	-10	-15	-25	69-40
ك	5	18	42	27	8
طول الفئة	5	5	10	15	30
التكرار المعدل = ك/ طول الفئة	1	3.6	4.2	1.8	0.27

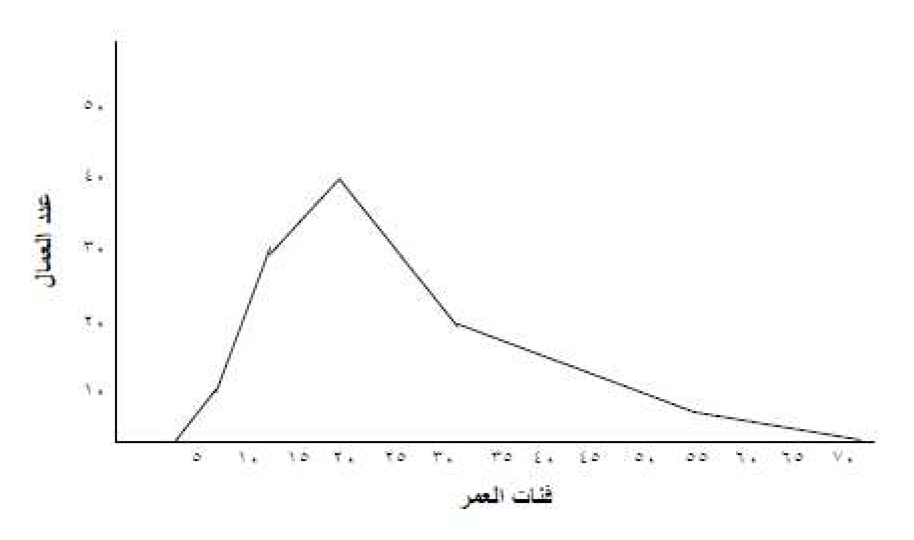
ونستطيع الآن رسم الفئات والتكرار المعدل فنحصل على الشكل المطلوب سواء أكان مدرجاً أم مضلعاً أو منحنا تكرارياً كالمعتاد، ولكن لأن قيم التكرار المعدل صغيرة وبها قيم كسرية فإنه من المفضل محاولة تكبيرها والتخلص من الكسور وذلك بالضرب في قيمة ثابتة (10 أو 100). وبضرب التكرار المعدل × 10 ورسم الفئات مع القيم الناتجة نحصل على الشكل المطلوب كما هو مبين في الأشكال الآتية:



المدرج التكراري لتوزيع العينة بحسب فئات السن



المضلع التكراري لتوزيع العينة بحسب فئات السن



المنحنى التكراري لتوزيع العينة بحسب فئات السن

الحالة الثالثة: الجداول التكرارية ذات الفئات المفتوحة:

نعلم أن الجداول التكرارية قد تكون مفتوحة من بداية أو نهاية الجدول أو قد تكون مفتوحة من الطرفين، ولتمثيل تلك الجداول بواحدة من الأشكال الثلاثة السابقة لابد من معالجة وضع الفئات المفتوحة وذلك أما بإقفالها (بمعنى تحديد حد أدنى منطقي للفئة الدنيا المفتوحة وحد أعلى للفئة العليا المفتوحة) أو باستبعاد الفئات المفتوحة من الرسم، ثم بعد ذلك تمثيل البيانات كما في الحالة الأولى إذا كانت الفئات متساوية أو كما في الحالة الثانية إذا كانت الفئات غير متساوية.

ب- المقارنة بين توزيعين أو أكثر:

عندما يستهدف التمثيل البياني المقارنة بين توزيعين تكراريين لعينتين أو لمجتمعين أو لأكثر من توزيعين فإننا عادة نستخدم المدرج التكراري، ولكي تكون المقارنة البيانية صحيحة فإننا نستخدم في الرسم النسب المئوية للتكرار (عندما لا يكون مجموع التكرارات متساو للتوزيعات) وذلك لكي نستبعد أثر اختلاف أحجام العينات أو المجتمعات فلا تكون عنصراً مضللاً في المقارنة.

هذا بالإضافة إلى أنه يجب أن تراعي في عملية الرسم ذاتها أن توضع الأشكال بطريقة تسهل عملية المقارنة.

مثال (37):

يبين الجدول التالي توزيع عينتين من العاملين بمصنعين بحسب فئات الأجر الشهري بالجنيه.

والمطلوب: عرض التوزيعين بشكل مقارن

جدول التوزيع التكراري لعينتين من العاملين بمصنعين

بحسب فئات الأجر الشهري بالجنيه

فئات الأجر الشهري بالجنيه	30-	40-	50-	60-	70-	80-89	المجموع
عدد عمال المصنع الأول	45	60	90	60	30	15	300
عدد عمال المصنع الثاني	40	60	40	30	20	10	200

الحل

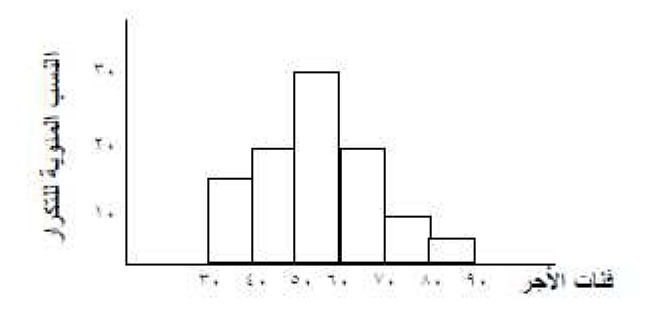
نبدأ بإيجاد النسب المئوية للتكرار بكل عينة وذلك بقسمة كل تكرار على مجموع التكرارات والضرب في 100 فنحصل على الجدول الآتي:

جدول النسب المئوية للتكرار بالعينتين

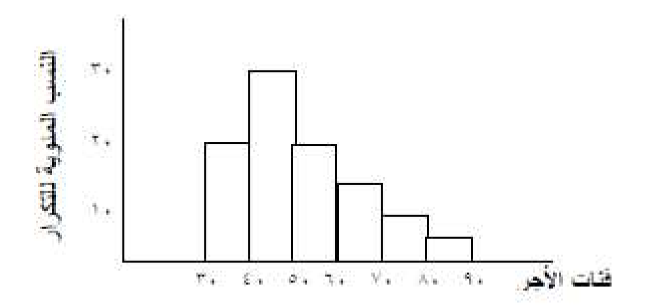
الفئات (ف)	30-	40-	50-	60-	70-	80-89	المجموع
النسب المئوية للتكرار في عينة المصنع الأول	15	20	30	20	10	5	%100
النسب المئوية للتكرار في عينة المصنع الثاني	20	30	20	15	10	5	%100

ثم نرس بيانات الجدول في شكل مدرج تكراري لكل عينة كما في الشكل التالي:

أ- عينة المصنع الأول:



ب- عينة المصنع الثاني:



التوزيع التكراري النسبي للعينتين حسب فئات الأجر الشهري بالجنيه

7- التوزيع التراكمي أو التجميعي:

يعرف التوزيع الاحتمالي التراكمي بأنه التوزيع الذي يعطي احتمال أن يأخذ المتغير العشوائي قيماً أقل من قيمة معينة ويسمى أحياناً بالتوزيع الاحتمالي التجميعي. ويكن إيجاد هذا التوزيع عن طريق حساب احتمال أن يأخذ المتغير العشوائي محل الدراسة قيماً تقل عن القيم المتتالية لهذا المتغير.

أ- التوزيع الاحتمالي التراكمي (التجميعي):

يمكن توضيح أسلوب إيجاد التوزيع الاحتمالي التراكمي للمتغيرات المتقطعات من خلال المثال التالي:

مثال (38):

يبين الجدول التالي التوزيع الاحتمالي لحجم الأسرة بعينة من إحدى المدن والمطلوب إيجاد التوزيع الاحتمالي التراكمي لهذه البيانات.

الحل

لإيجاد التوزيع الاحتمالي التراكمي سنوجد احتمال أن يأخذ المتغير العشوائي قيماً أقل من الحد الأدنى (وهو هنا واحد) وهو احتمال يساوي الصفر.

ثم احتمال أن يأخذ المتغير العشوائي قيماً أقل من القيمة التالية للحد الأدنى (وهي هنا 2) أي احتمال أن نجد أسرة بالعينة حجمها أقل من 2.

وهذا الاحتمال يعني احتمال أن يأخذ المتغير العشوائي القيمة 1 = 0.039.

ثم احتمال أن يأخذ المتغير العشوائي قيماً أقل من 3 = احتمال أن نجد أسرة العينة حجمها واحد أو اثنين.

= ح (1) + ح (2) = 0.039 + 0.115 = 0.154

وهكذا ح (أقل من 4) = ح (أقل من 3) + ح (3)

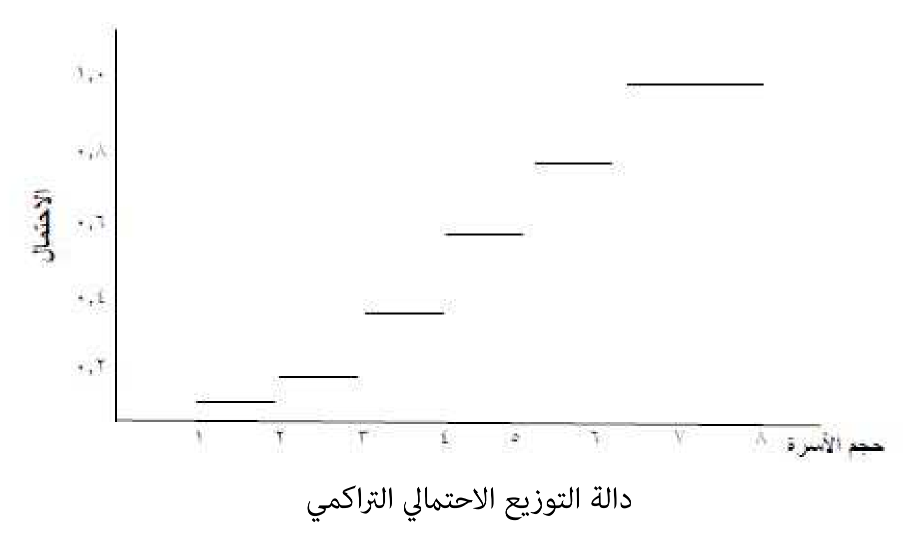
= 0.154 + 0.192 = 0.346

وهكذا ... إلخ ثم نضع القيم الناتجة في جدول كالتالي:

جدول دالة التوزيع الاحتمالي التراكمي لحجم الأسرة بالعينة

س	1	2	3	4	5	6	7
ح (س)	صفر	0.039	0.154	0.346	0.592	0.823	1.000

ويمثل الجدول السابق بالشكل التالي:



دالة التوزيع الاحتمالي التراكمي

ب- التوزيعات التكرارية التراكمية:

يناظر دالة التوزيع الاحتمالي التراكمي في التوزيعات التكرارية الجدول التكراري المتجمع الصاعد، فهو يبين التكرار المقابل لأقل من قيمة معينة من قيم المتغير. وكما هو واضح من الجداول التالية، فإن الجدول الأول يسمى الجدول التكراري المتجمع الصاعد لأن تكراراته آخذه في الزيادة من الصفر حتى تصل إلى مجموع التكرارات، وعلى العكس من ذلك نلاحظ أن الجدول التكراري المتجمع الهابط يبدأ من مجموع التكرارات ثم يأخذ في النقصان حتى يصل إلى الصفر.

ولحساب الجدول التكراري المتجمع الصاعد فإننا نبدأ من الحد الأدنى لقيم المتغير، وحيث أنه في مثالنا لا توجد أسر يقل حجمها عن فرد واحد فإن هذا الرقم يمثل بداية التوزيع التراكمي (قيمته = صفر)، أما عدد الأسر التي يقل عدد أفرادها عن "2" فهو التكرار المقابل للفئة السابقة مباشرة (أي التكرار المناظر لفئة الأسر "1")، وبالنسبة للأسر التي يقل حجمها عن "3" أفراد نحصل عليه بتجميع

التكرارات المناظرة للفئات "1" و"2" ... وهكذا بالنسبة للأسر التي يقل عدد أفرادها عن "4" الذي نحصل عليه بتجميع التكرارات المقابلة للأسر ذات الأحجام "1" "2"، "3" .... وهكذا.

وعلى العكس من ذلك بالنسبة للجدول التكراري الهابط فإننا نحصل عليه بتحديد التكرارات التي تأخذ قيمة معينة وتزيد عليها (القيمة فأكثر)، وفي مثالنا السابق سوف نبدأ المتجمع الهابط بالحد الأدنى لقي المتغير وما يزيد عليه أي أننا سنبدأ بالأسر "1" فأكثر ثم نقوم بعمليات طرح متتالية للتكرار المقابل لكل حجم من أحجام الأسر من التكرار المتجمع الهابط السابق له مباشرة وذلك على النحو التالي:

1 فأكثر[1] 1300

2 فأكثر تتحدد بطرح التكرار المقابل للفئة "1" من التكرار المتجمع السابق مباشرة = 1300 – 50 = 1250

3 فأكثر تتحدد بطرح التكرار المقابل للفئة "2" من التكرار المتجمع السابق مباشرة = 1250 – 150 = 1100

4 فأكثر تتحدد بطرح التكرار المقابل للفئة "3" من التكرار المتجمع السابق مباشرة = 1100 – 250 = 850

.... وهكذا حتى نهاية القيم.

وتوضح الجداول التكرارية المتجمعة الصاعدة والهابطة الآتية نماذج لأسلوب استكمال هذه التوزيعات.

---

(1) يلاحظ أن هذا التحديد يختلف عن أكثر من "1" حيث أن هذه الصياغة تستبعد الأسر التي يأ×ذ فيها المتغير القيمة "1" بالتحديد.

ويمكن عرض التوزيع التكراري المتجمع الصاعد أو الهابط بيانياً بنفس الأسلوب الذي استخدم في عرض التوزيع الاحتمالي التراكمي للمتغيرات المتقطعة.

وللجداول التكرارية المتجمعة الصاعدة أو الهابطة أهمية في تحديد قيمة واحد من المتوسطات (وهو الوسيط) كما أنه ييسر إيجاد بعض القيم من الجداول التكرارية خاصة في حالة التوزيعات المستمرة، ويعتبر وسيلة لتفادي مشاكل الفئات المفتوحة بالجداول التكرارية خاصة في حالة العرض البياني.

أ- الجداول التكرارية المتجمعة للمتغيرات المتقطعة:

يمكن التعرف على أسلوب إنشاء هذه الجداول بتتبع الخطوات السابقة من بيانات المثال التالي:

مثال (39):

أوجد الجدول التكراري المتجمع الصاعد والجدول التكراري المتجمع الهابط لبيانات المثال رقم (29) ثم استخدم الأشكال المناسبة لعرض هذه البيانات.

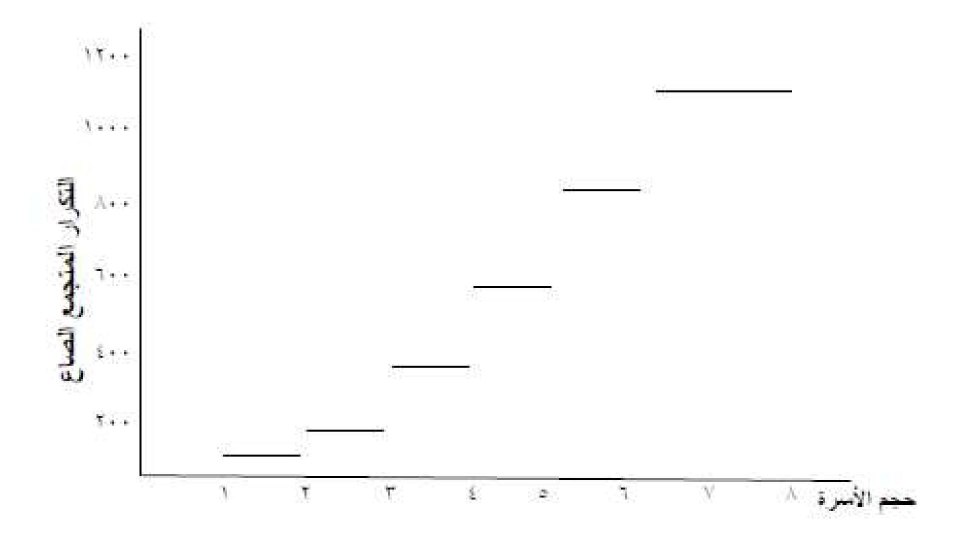
الحل

فئات التكرار المتجمع الصاعد	التكراري المتجمع الصاعد
أقل من 1	صفر
أقل من 2	50
أقل من 3	100
أقل من 4	50
أقل من 5	770
أقل من 6	1070
أقل من 7	1300

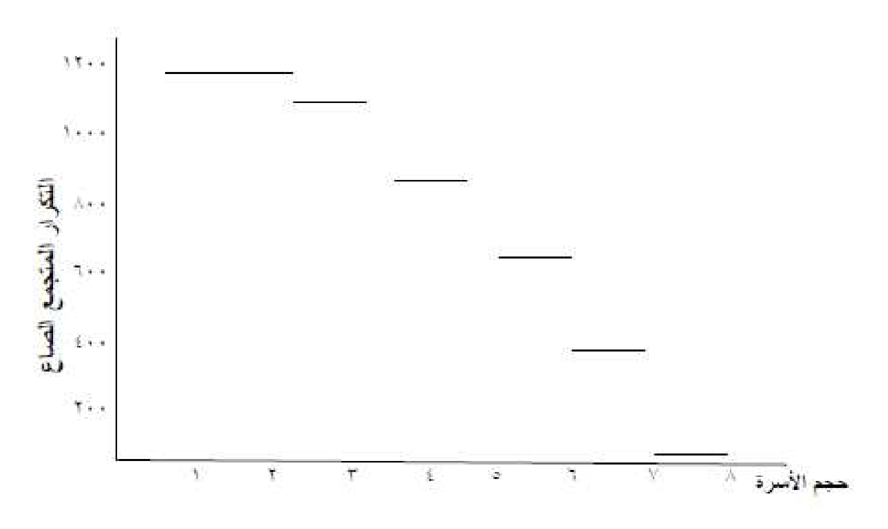
الجدول التكراري المتجمع الصاعد لتوزيع العينة حسب حجم الأسرة

فئات التكرار المتجمع الهابط	التكرار المتجمع الهابط
واحد فأكثر	1300
2 فأكثر	1250
3 فأكثر	1100
4 فأكثر	850
5 فأكثر	530
6 فأكثر	230
7 فأكثر	صفر

الجدول التكراري المتجمع الهابط (النازل) لتوزيع العينة حسب حجم الأسرة



التوزيع التكراري المتجمع الصاعد



التوزيع التكراري المتجمع الهابط

ونلاحظ أن طرفي الشكلين المرسومين قبل الواحد وبعد الستة ممتدين ليشملا كل المنطقة السابقة على الواحد واللاحقة لـ 6، لأننا لو تساءلنا عن عدد الأشخاص المنتمين لأسر حجمها أقل من 7 في الشكل الأول فسنجد أنهم 1300، ولأسر حجمها أقل من 10 أيضاً عددها 1300. وهكذا لأي قيمة أعلى من 6، وقياساً على ذلك لأي قيمة أقل من الصفر، وينطبق هذا المنطق على الشكل الثاني.

ب- الجداول التكرارية المتجمعة للمتغيرات المستمرة:

مثال (40):

أوجد الجدول التكراري المتجمع الصاعد والجدول التكراري المتجمع الهابط وأرسمهما لبيانات الجدول السابق، ومن الرسم أوجد الآتي:

أ- عدد عمال المصنع الذين يحصلون على أجر شهري أقل من 55 جنيهاً.

ب- عدد عمال المصنع الذين يحصلون على أجر شهري أكثر من 60 جنيهاً.

ج- الحد الأعلى للأجر الشهري الذي يحصل على أقل منه 25% من العمال ثم 50% منهم، وأخيراً 75% منهم.

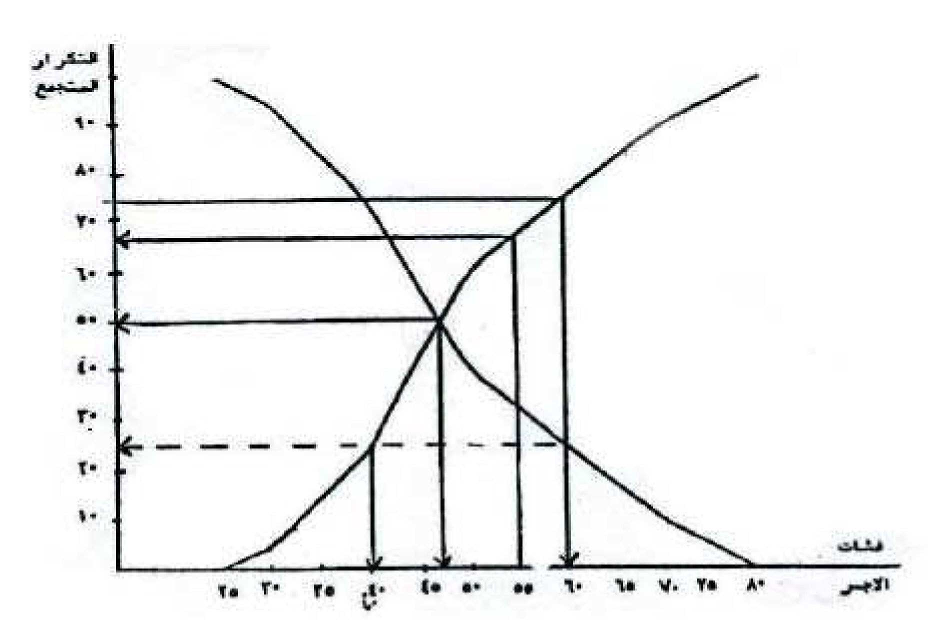
الحل

فئات التكرار المتجمع الصاعد	التكراري المتجمع الصاعد
أقل من 25	صفر
أقل من 30	5
أقل من 40	25
أقل من 50	60
أقل من 70	90
أقل من 80	100

الجدول التكراري المتجمع الصاعد لتوزيع

فئات التكرار المتجمع الهابط	التكرار المتجمع الهابط
25 فأكثر	100
30 فأكثر	95
40 فأكثر	75
50 فأكثر	40
70 فأكثر	10
80 فأكثر	صفر

الجدول التكراري المتجمع الهابط (النازل)



المنحنى المتجمع الصاعد والمنحنى المتجمع الهابط

أ- للحصول على عدد العمال الذين يحصلون على أجر شهري أقل من 55 جنيهاً، نرسم خط عمودياً موازياً للمحور الرأسي يناظر القيمة 55 على محور الفئات ومن نقطة تقاطع هذا الخط مع المنحنى التكراري المتجمع الصاعد (لأنه المنحنى الذي يبين لنا التكرار المناظر لأقل من قيمة معينة) نرس خطاً أفقياً حتى يقطع المحور الرأسي فتكون هي القيمة المطلوبة، ومن الرسم نجد أن عدد العمال الذين يحصلون على أجر شهري أقل من 55 جنيهاً = 68 عاملاً.

ب- وللحصول على عدد عمال المصنع الذين يحصلون على أجر شهري أكثر من 60 جنيهاً، نرسم خطاً عمودياً موازياً للمحور الرأسي يناظر القيمة 60 جنيهاً على محور الفئات ومن نقطة تقاطع هذا الخط مع المنحنى التكراري المتجمع

الهابط (لأنه المنحنى الذي يبين لنا التكرار المناظر لقيمة معينة فأكثر) نرسم خطاً أفقياً حتى يقطع المحور الرأسي فتكون هي القيمة المطلوبة، ومن الرسم نجد أن عدد العمال الذين يحصلون على أجر شهري أكثر من 60 جنيهاً = 25 عاملاً.

ج- من الأسهل عند طلب الحد الأعلى أن نستخدم المنحنى التكراري المتجمع الصاعد لأنه يعطي قيمة الحد الأعلى مباشرة (يمكن استخدام المنحنى التكراري المتجمع الهابط ولكن ببعض الحسابات)[1].

ولحساب الحد الأعلى للأجر الشهري الذي يحصل على أقل من 25% من عمال المصنع نوجد عدد العمال المناظر لـ 25% وهو هنا 25 عاملاً (حيث أن عدد عمال المصنع 100 عامل) ثم على المحور الرأسي نرسم خطاً أفقياً يناظر 25 ونحدد نقطة تقاطعه مع المنحنى الصاعد ثم نسقط عموداً من نقطة التقاطع ليقابل المحور الأفقي في القيمة المطلوبة، ومن الرسم نجد أن الحد الأعلى للأجر الشهري الذي يحصل على أقل منه 25% من العمال هو 40 جنيهاً.

وبالمثل فإن 50% من العمال = 50 عملاً.

ومن الرسم فإن الحد الأعلى للأجر الشهري الذي يحصل على أقل منه 50% من العمال = 47 جنيهاً، ونلاحظ هنا أن نقطة تقاطع المنحنى التكراري المتجمع الصاعد والمنحنى التكراري المتجمع الهابط تناظر 50% من مجموع التكرارات[2].

كذلك فإن 75% من العمال = 75 عاملاً.

ومن الرسم فإن الحد الأعلى للأجر الشهري الذي يحصل على أقل منه 75% من عمال المصنع = 60 جنيهاً.

---

(1) وذلك لأن الحد الأدنى الذي يكون أكثر منه تكرار معين هو الحد الأعلى الذي يكون أقل منه تكرار يساوي مجموع التكرارات مطروحاً منه التكرار المعين.

(2) وهي تناظر على المحور الأفقي قيمة الوسيط، وهو واحد من المتوسطات التي سيرد ذكرها.

8- بعض التوزيعات الاحتمالية الهامة:

أ- بعض التوزيعات الاحتمالية للمتغيرات المتقطعة:

1- توزيع ذو الحدين:

إذا كانت لدينا تجربة عشوائية نتيجتها أما نجاح أو فشل وكان احـتمال النجـاح في أي مرة نجري فيها التجربة مقداراً ثابتاً يساوي ح (1 > ح > 0) وكان احتمال الفشـل يسـاوي ل (حيث ل = 1 – ح). فإذا تكررت التجربة عدداً من المرات يساوي " ن " فإن احتمال الحصول على عدد "س" نجاح (حيث ن ≥ س ≥ صفر) هو ح (س) حيث:

$$ح\,(س) = {}^{ن}ق_{س}\; ح^{س}\; ل^{ن - س}$$

حيث:

س = 0 ، 1 ، 2 ، 3 ، .... ، ن

${}^{ن}ق_{س}$ تعنـي عـدد المـرات التـي يمكـن أن نختـار بهـا "س" مـن "ن" (وهـي تشـير إلى التوافيق) وهي تساوي

$$\frac{ن^{(1)}}{س \quad ن - س}$$

مثال (41):

إذا كان احتمال أن ينجح طالب معين في أي مادة منم واده الدراسية هو مقدار ثابـت يساوي 0.8، فإذا كان عدد المواد المقررة عليه هذا العام هي 6 مواد دراسية، فأوجد الآتي:

أ- القانون الاحتمالي لعدد المواد التي يمكن أن ينجح فيها.

---

(1) ن = ن × (ن – 1) × (ن-2)) ..... × 3 × 2 × 1 بحيث أن 0 = 1

ب- احتمال أن ينجح في 4 مواد فقط.

ج- احتمال أن يرسب في مادة واحدة على الأكثر.

د- احتمال أن ينجح في جميع المواد.

الحل

1- احتمال النجاح في أي مادة هو مقدار ثابت يساوي 0.8 أي أن:

ح = 0.8 وبالتالي ل = 1 – ح = 1 – 0.8 = 0.2

2- عدد المرات التي تتكرر فيها المحاولة (أي التجربة) يساوي عدد ثابت وهو عدد المواد التي سيمتحن فيها أي أن ن = 6.

لذلك فنحن أمام حالة لتوزيع ذو الحدين، فإذا أشارت "س" لعدد المواد التي سينجح فيها الطالب فإن الحل سيكون كالتالي:

أ- ح (س) = ^{6}ق$_{س}$ $(0.8)^{س}$ $(0.2)^{6-س}$

حيث س = 0 ، 1 ، 2 ، 3 ، 4 ، 5 ، 6

وهو القانون الاحتمالي المطلوب.

ب- احتمال أن ينجح في 4 مواد فقط هو ح (4) ونحصل على قيمة هذا الاحتمال بوضع س = 4 في القانون السابق فنجد أن:

$$ح (4) = {}^{6}ق_{4}\ (0.8)^{4}\ (0.2)^{2} = \frac{5 \times 6}{1 \times 2} \times 0.4096 \times 0.04 = 0.246$$

ج- احتمال أني رسل في مادة واحدة على الأكثر يساوي احتمال أن يرسب في مادة واحدة أولا يرسب في أي مادة، وهذا يعني احتمال أن ينجح في 5 مواد أو في جميع المواد وهما حادثان متنافيان لذلك نوجد:

$$ح (5) = {}^{6}ق_{5}\ (0.8)^{5}\ (0.2)^{1} = 6 \times (0.8)^{5} \times (0.2) = 0.393$$

$$ح (6) = {}^{6}ق_{6}\ (0.8)^{6}\ (0.2)^{1} = 1 \times (0.8)^{6} = 0.262$$

ويصبح ح (أن يرسب في مادة واحدة على الأكثر)

= ح (5) + ح (6) = 0.393 + 0.262 = 0.655

د- احتمال أن ينجح في جميع المواد = ح (6) = 0.262

مثال (42):

إذا كان من المعلوم أن احتمال إنجاب طفل ذكر بإحدى القرى هو 0.49 فأوجد بالنسبة لأسرة من هذه القرية عدد أطفالها 4، الآتي:

أ- احتمال أن يكون جميع الأطفال ذكور.

ب- احتمال أن يكون بالأسرة طفلين ذكور.

ج- احتمال أن يكون بالأسرة بنتاً واحدة على الأقل.

الحل

نجد أن : ن = 4 ح = 0.49 ل = 0.51

ومنها فإن:

$$\text{ح}(\text{س}) = {}^{4}\text{ق}_{\text{س}}\,(0.49)^{\text{س}}\,(0.51)^{4-\text{س}}$$

حيث س = 0 ، 1 ، 2 ، 3 ، 4.

أ- احتمل أن يكون جميع الأطفال ذكور تعني ح (4) حيث:

$$\text{ح}(4) = {}^{4}\text{ق}_{4}\,(0.49)^{4}\,(0.51)^{0} = 1 \times (0.49)^{4} \times 1 = 0.057$$

ب- احتمال أن نجد بالأسرة طفلين ذكور هن ح (2) حيث:

$$\text{ح}(2) = {}^{4}\text{ق}_{2}\,(0.49)^{2}\,(0.51)^{2} = \frac{4 \times 3}{2 \times 1} \times 0.24 \times 0.26 = 0.375$$

ج- احتمال أن نجد بالأسرة بنت واحدة على الأقل تعني احتمال أن نجد بها بنتاً واحدة أو بنتين أو ثلاث بنات أو أربع بنات. وهو يناظر:

ح(3) + ح(2) + ح(1) + ح(0) (وذلك لأن وجود بنت واحدة مثلاً يعني وجود 3 أطفال ذكور، ووجود بنتين تعني وجود ولدين معهما أيضاً وهكذا...) ونستطيع بعد ذلك حساب الاحتمالات ونجمعها فنحصل على المطلوب، لكن الأسهل من ذلك أن نستخدم الحدث المكمل، أي:

احتمال أن نجد بالأسرة بنت واحدة على الأقل

= 1 – (احتمال ألا نجد بالأسرة أي بنت).

= 1 – (احتمال أن نجد بالأسرة 4 أطفال ذكور).

= 1 – ح (4) = 1 – 0.057 = 0.943

مثال (43):

إذا كان احتمال وقوع حادث لأحد العمال خلال الشهر بمصنع به 1000 عامل هو 0.0005، فما هو احتمال أن تقع 8 حوادث بأحد الأشهر.

الحل

نجد أننا أمام توزيع ذو الحدين حيث:

ن = 1000 ح = 0.0005 ل = 0.9995

والمطلوب: إيجاد ح (8) وبالتطبيق المباشر فإن:

$$ح\ (8) = {}^{1000}ق_{8}\ (0.0005)^{8} \times (0.9995)^{992}$$

واضح أن هذه الأرقام قد وصلت لمرحلة أصبحت معها الحسابات صعبة لذلك نجد أنه من الأفضل والأسهل اللجوء إلى تقريب هذا التوزيع بالتوزيع التالي، وهو والتوزيع البواسوني.

2- التوزيع البواسوني:

في حالة المتغيرات العشوائية التي تتبع دالة توزيع ذو الحدين فإنه عندما تكون "ن" (عدد مرات تكرار التجربة) كبيرة بدرجة كافية وتكون ح (احتمال النجاح

أو الحصول على الحدث المطلوب) صغيرة صغراً كافياً، بحيث يمكن اعتبار أن: ن × ح = م (مقداراً ثابتاً)، فإن:

$$ح\ (س) = هـ^{-م}\ \frac{م^{س}}{س}$$

حيث:

أ- س = 0 ، 1 ، 2 ، ....

ب- م مقدار ثابت موجب يمثل متوسط التوزيع.

ج- هـ هي أساس اللوغاريتم الطبيعي. وقيم $هـ^{-م}$ محسوبة في جداول لقي م المختلفة.

ويعرف هذا التوزيع الاحتمالي بالتوزيع البواسوني، ومن البديهي أن هذا التوزيع يحقق شروط التوزيع الاحتمال حيث ح (س) لأي قيمة من قيم س موجبة ومجموع الاحتمالات الكلية يساوي الواحد الصحيح.

مثال (44):

استخدم بيانات المثال السابق لإيجاد الآتي بالنسبة لهذا المصنع:

أ- احتمال حدوث إصابتين بأحد الأشهر.

ب- احتمال حدوث 3 أصبات بأحد الأشهر.

ج- احتمال حدوث 3 إصابات على الأقل بأحد الأشهر.

الحل

حيث أن "ن" كبيرة و "ح" صغيرة لذلك فإن:

م = 1000 × 0.0005 = 0.5

أ- احتمال حدوث إصابتين =

$$ح\ (2) = \frac{هـ^{-0.5} \times (0.5)^2}{2}$$

وباستخراج قيمة $\text{هـ}^{-0.5}$ من الجداول الإحصائية، نجد أن:

$$\text{ح}\,(2) = \frac{0.25 \times 0.607}{2} = 0.076$$

ب- احتمال حدوث 3 إصابات =

$$\text{ح}\,(3) = \frac{\text{هـ}^{-0.5} \times (0.5)^{3}}{3} = \frac{0.125 \times 0.607}{2 \times 3} = 0.013$$

ج- احتمال حدوث 3 إصابات على الأقل بأحد الأشهر يساوي احتمال حدوث 3 إصابات أو 4 إصابات أو 5 إصابات أو 6 ... إلخ أي أن:

$$\text{ح (3 على الأقل)} = \text{ح}_{(3)} + \text{ح}_{(4)} + \text{ح}_{(5)} + \text{ح}_{(6)} + ...$$

$$= 1 - [\,\text{ح}_{(0)} + \text{ح}_{(1)} + \text{ح}_{(2)}\,]$$

$$\text{ح}\,(0) = \frac{\text{هـ}^{-0.5} \times (0.5)^{0}}{0} = \text{هـ}^{-0.5} = 0.607$$

$$\text{ح}\,(1) = \frac{\text{هـ}^{-0.5} \times (0.5)^{1}}{1} = \frac{0.5 \times 0.607}{1} = 0.304$$

وحيث أنه قد سبق حساب ح (2) فإن:

$$\text{ح (3 على الأقل)} = 1 - (0.607 + 0.304 + 0.076)$$

$$= 1 - 0.987 = 0.013$$

والتوزيع البواسوني يعرف بأنه توزيع الحالات النادرة الحدوث، وله دور هام في الجانب التطبيقي لدوره في العمليات الاحتمالية البواسونية، وعلى سبيل المثال فإننا عادة ما نجد أن التوزيع الاحتمالي لعدد السيارات على طريق طويل ولأي جزء من الطريق يتبع التوزيع الاحتمالي البواسوني، كذلك التوزيع الاحتمالي لعدد كرات الدم البيضاء (أو الحمراء) على شريحة فحص مجهري داخل وحدة

مساحة معينة يتبع التوزيع الاحتمالي البواسوني، كذلك فإن عدد وحدات الإنتاج المنتجة خلال فترة زمنية معينة من خط إنتاجي لها توزيع احتمالي بواسوني، وعدد الأعطال التي تحدث لآلة معينة خلال فترة زمنية معينة يكون متغيراً عشوائياً يتبع التوزيع الاحتمالي البواسوني... إلخ.

مثال (45):

إذا كان عدد السيارات التي تصل إلى محطة لخدمة السيارات يتبع التوزيع الاحتمالي البواسوني بمتوسط 3 سيارات في الساعة. أوجد الاحتمالات الآتية:

أ- احتمال عدم وصول أي سيارة خلال ساعة.

ب- احتمال وصول أكثر من سيارة خلال ساعة.

ج- احتمال وصول 5 سيارات خلال ساعة.

الحل

أ- احتمال عدم وصول أي سيارة خلال ساعة =

$$\text{ح}\ (0) = \frac{\text{هـ}^{-3}\ (3)^{0}}{0} = \text{هـ}^{-3} = 0.05$$

ب- احتمال وصول أ:ثر من سيارة خلال ساعة =

$= \text{ح}_{(2)} + \text{ح}_{(3)} + \text{ح}_{(4)} + \ldots\ldots$

$= 1 - (\text{ح}_{(0)} + \text{ح}_{(1)})$

$$= 1 - (\text{هـ}^{-3} + \frac{\text{هـ}^{-3}\ 3\ )}{1}$$

$= 1 - (0.05 + 0.15) = 1 - 0.20 = 0.8$

ج- احتمال وصول 5 سيارات خلال ساعة =

$$= \text{ح}\ (5) = \frac{\text{هـ}^{-3}\ 3^{5}}{5} = \frac{0.05 \times 343}{120} = 0.1$$

ب- بعض التوزيعات الاحتمالية للمتغيرات المستمرة:

1- التوزيع المعتاد (التوزيع الطبيعي):

يعتبر واحداً من أهم التوزيعات الاحتمالية، إن لم يكن أكثرها أهمية، وذلك لأن العديد من الظواهر يتبع هذا التوزيع بل أن أغلب التوزيعات تؤول إليه عندما يكبر حجم العينة (أو عدد مرات إجراء التجربة) بدرجة كافية، ويمكن الاستدلال على أهمية هذا التوزيع بالإشارة إلى أن الكثير من الاختبارات الإحصائية تعتمد على دالة هذا التوزيع.

ويأخذ التوزيع الشكل رقم (6) السابق، وهو يتحدد بمعرفة ثابتين، هما الوسط الحسابي " أ " والانحراف المعياري " ع " وتعتبر خواص هذا التوزيع معروفة بدقة نظراً لأهميته، فنجد أننا إذا أخذنا القيمتين (أ – ع، أ + ع) حول وسطه الحسابي فإننا سنجد أن هاتين القيمتين تحصران بينهما 68.2% من قيم هذا المتغير، وإذا تباعد الحدان إلى (أ – 2ع ، أ + 2ع) فإنهما يحصران بينهما 95.4% من قيم المتغير، بينما إذا كان الحدان هما (أ – 3ع، أ + 3ع) فإنهما يحصران بينهما 99.7% من القيم، كما أن هذا التوزيع متماثل حول وسطه الحسابي بمعنى أن 50% من قيم المتغير تقع على كل جانب من جانبي خط الوسط بالإضافة إلى أن المساحة تحت المنحنى والمحصورة بني (أ ، أ + جـ) والمساحة المحصورة بين (أ – جـ ، أ) متساوية لأي قيمة جـ.

ويرتبط هذا المتغير المعتد بالمتغير المعتاد القياسي من خلال العلاقة:

$$ى = \frac{س - أ}{ع}$$

حيث تبين هذه العلاقة قيمة المتغير المعتاد " س " بدلال قيمة المتغير المعتاد القياسي " ى ". والمتغير المعتاد القياسي، هو متغير معتاد متوسطه يساوي الصفر (أ= 0) وانحرافه المعياري يساوي الواحد (ح = 1)، لذلك فدالة كثافة احتماله ليس

بها ثوابت مجهولة، ومن ثم أمكن حساب التكامل على دالة كثافة احتماله للقيم المختلفة لهذا المتغير ووضعت في جداول تعرف بجداول التوزيع المعتاد القياس (الجداول الإحصائية، جدول رقم (ب) ويستخدم هذا الجدول في حساب الاحتمالات سواء للمتغير المعتاد أو للمتغير المعتاد القياسي، والأمثلة الآتية توضح ذلك:

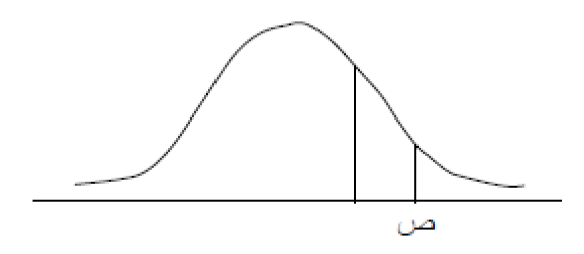
مثال (46):

ى متغير معتد قياسي، أوجد الآتي:

1- ح (0 > ى > 0.52)
2- ح (-1 > ى > 0)
3- ح (-2 > ى)
4- ح (ى > 1)
5- ح (1 > ى > 2.2)
6- ح (ى > -1.9)
7- ح (-2 > ى > -1.2)
8- ح (1.75 > ى)

الحل

قبل أن نبدأ الحل لابد أن عرف جيداً جداول التوزيع المعتاد القياسي، إذ تقيس الجداول الساحة من الصفر حتى القيمة " ص " (حيث ص لأقرب رقمين عشريين) وهي المظللة على الرسم.

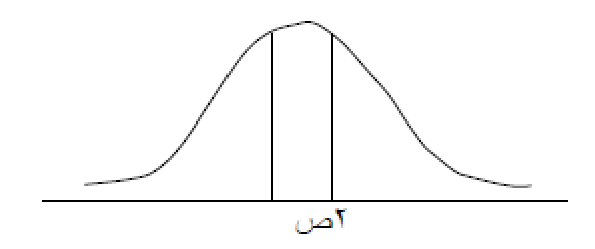


والعمود الأول من الجدول يبين قيم ص حتى الرقم العشري الأول بينما السطر الأول يبين الرقم العشري الثاني لقيم ص، وتكون قيمة التكامل من الصفر حتى قيمة ص هي الرقم المناظر لتقاطع السطر (الذي به قيمة ص بالعمود الأول

حتى الرقم الشعري الأول) مع العمود (الذي به قيمة الرقم الشعري الثاني)، مثال ذلك عند حساب ح (0 > ى . 1.32) فإننا نبحث في العمود الأول عن 1.3 فنحدد السطر المقابل لها، ثم نوجد العمود المقابل لـ 0.03 (على السطر الأول) ونحدد تقاطع السطر مع العمود فنجد أنه 0.4066 ومن ثم يكون: ح (0 > ى > 1.32) = 0.4066 ونستطيع بالاعتماد على خاصية تماثل التوزيع حساب المساحة لأي قيمة من قيم ى السالبة.

ومن خلال مثال (46) نبين بالاستعانة بالرسم البسيط كيف يمكن حساب الاحتمالات للحالات المختلفة.

1- ح (0 > ى > 0.52) نبين على الرسم المساحة أولاً:



ومن الجدول:

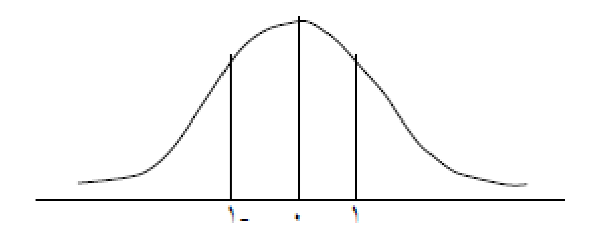
أ- نحدد على العمود الأول القيمة 0.5 ونحدد السطر المناظر لها.

ب- على السطر الأول نحدد القيمة 0.02 ثم نحدد العمود المناظر لها.

ج- نستخرج القيمة الناتجة عن تقاطع السطرمع العمود وهي 0.1985 ومنها فإن:

ح (0 > ى > 0.52) = 0.1985

2- ح (-1 > ى > 0) المساحة المطلوبة على الرسم هي المنطقة المظللة:



ومن خاصية التماثل فإن المساحة المظللة تساوي المساحة مـن 0 إلى 1 أي أن: ح (0 < ى < 1) = ح (-1 < ى < 0)

ثم نوجد من الجدول:

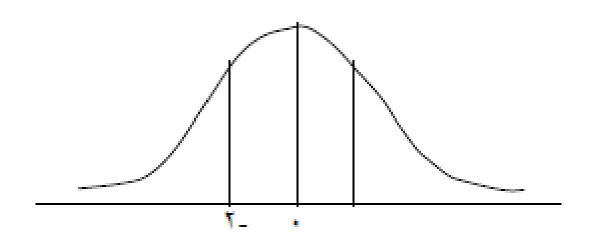
أ- على العمود الأول القيمة 1.0 ونحدد السطر المناظر لها.

ب- على السطر الأول القيمة 0.00 وتحدد العمود المناظر لها.

ج- نحدد القيمة الناتجة عن تقاطع السطر مع العمود وهي 0.3413 ومنها فـإن: ح (-1 < ى < 0) = 0.3413

3- ح (-2 < ى) نحدد المساحة المطلوب على الرسم وهي المساحة المظللة:

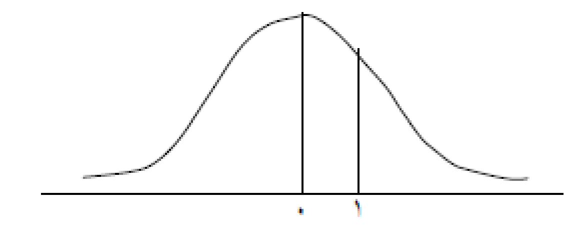
وهي تشمل المنطقة من -2 إلى صفر مضافاً إليها النصف الأيمن للتوزيع.



ولحساب المساحة من -2 إلى صفر نوجد المساحة من 0 إلى 2، ومن الجدول نجد أنهـا 0.4772 ومنها فإن:

ح (-2 > ى) = 0.5000 + 0.4772 = 0.9772

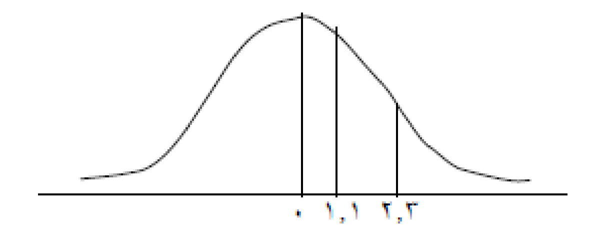
4- ح (ى < 1) نحدد المساحة على الرسم، ومنها فإن:



ح (ى < 1) = 0.5000 + ح (0 < ى < 1)

= 0.5000 + 0.3413 = 0.8413

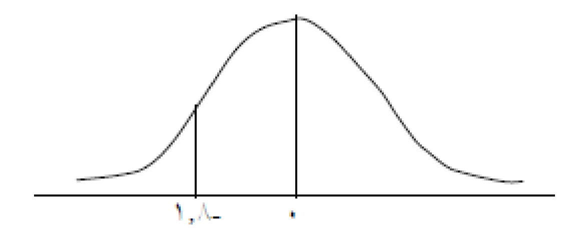
5- ح (1.1 < ى < 2.3)، نحدد هذه المساحة على الرس، ومنه نجد أن:



ح (1.1 < ى < 2.3) = ح(0 < ى < 2.3) – ح (0 < ى < 1.1)

= 0.4893 – 0.3643 = 0.125

6- ح (ى < -1.9) نحدد هذه المساحة على الرسم ومنه:

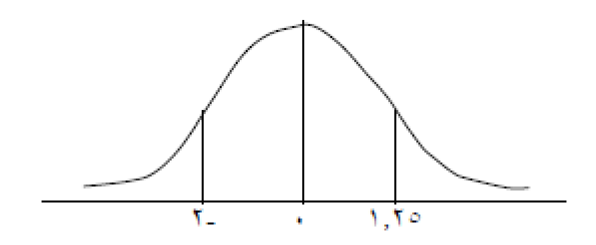


ح (ى < -1.9)   = 0.500 – ح (0 < ى < 1.9)

= 0.5000 – 0.4731 = 0.0269

7- ح (-2 < ى < 1.35) والرسم يبين المساحة المطلوبة:

وهي عبارة عن مجموع المساحتين (من 0 إلى 1.35) والمساحة (مـن -2 إلى صـفر) أي أن:



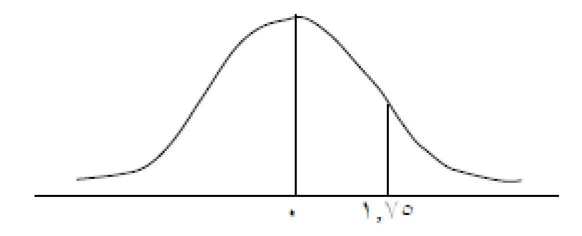
ح (-2 < ى < 1.35)   = ح (0 < ى < 1.35)

+ (0 < ى < 2)

0.4115 + 0.4772 = 0.8887

8- ح (1.75 < ى) والرسم يبين المساحة المطلوبة:

وهي الفرق بين 0.5 والمساحة من صفر إلى 1.75 بمعنى أن:



ح (1.75 < ى) = 0.5000 – 0.4591 = 0.0401

مثال (47):

يتبع توزيع طلاب الصف الثالث بإحدى المدارس الثانوية بحسب السن التوزيع المعتاد بمتوسط يساوي 16 سنة وانحراف معياري 4 سنوات، فإذا اخترنا عشوائياً طالباً من طلاب الصف الثالث بهذه المدرسة فأوجد الآتي:

1- احتمال أن يقع عمره بني 15 سنة، 17 سنة.
2- احتمال أن يكون عمره أقل من 18 سنة.
3- احتمال أن يزيد عمره عن 19 سنة.
4- احتمال أن يقع عمره بين 17، 19 سنة.
5- إذا علمت أن عدد طلاب الصف الثالث بهذه المدرسة 1000 طالب قدر عدد الطلاب الذين يزيد عمرهم عن 18 سنة.

الحل

ليكن العمر " س " وهو متغير معتاد متوسطه 16 وانحرافه المعياري 4 ولكي نحسب الاحتمالات لهذا المتغير نستعين بجداول المتغير المعتاد القياسي " ى " وذلك من خلال الاستعانة بالعلاقة التي تربط بين س ، ى وهي:

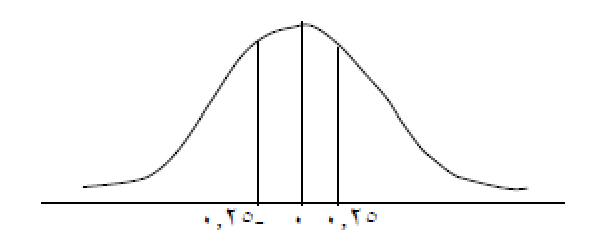
$$ى = \frac{س - أ}{ع} \qquad \text{حيث } أ = 16 \text{ ، } ع = 4$$

1- $ح\,(15 < س < 17) =$

$$ح\left(\frac{15 - 16}{4} < ى < \frac{17 - 16}{4}\right)$$

$$= ح\,(-0.25 < ى < 0.25)$$

وبرسم المساحة المطلوب نجد أنها تمثل:



مجموع المنطقتين (0 ، 0.25) و (-0.25 ، صفر)

∴ ح (15 > س > 17) = ح (-0.25 > ى > 0) + ح (0 > ى > 0.25)

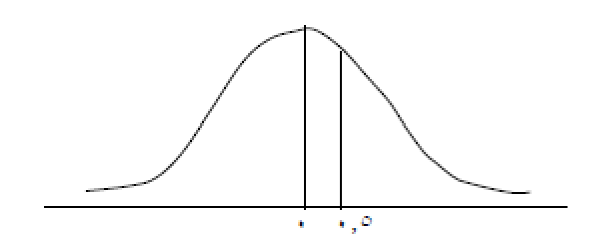
= 2 × ح (0 > ى > 0.25)

= 2 × 0.987 = 0.1974

-2 ح (س > 18) =

ح (ى > $\frac{18 - 16}{4}$) = ح (ى > 0.5)

= 0.5000 + 0.1915 = 0.6915

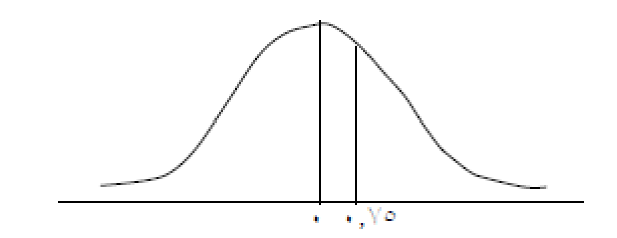


-3 ح (س < 19) =

ح (ى $\frac{19 - 6}{4}$) = ح (س < 0.75)

= 0.5000 – 0.2734

= 0.2266



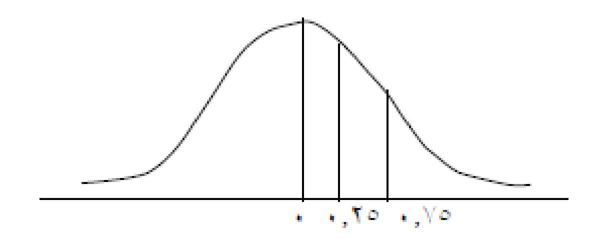
4- ح (17 > س > 19) =

ح ($\frac{16 - 17}{4}$ > ى > $\frac{16 - 19}{4}$)

= ح (-0.25 > ى > 0.75)

= ح (0 > ى > 0.75) – ح (0 > ى > 0.25)

= 0.2734 – 0.0987 = 0.1747



5- تقدير عدد الطلاب الذين تزيد أعمارهم عن 18 سنة من طلاب السنة الثالثة=

عدد طلاب السنة الثالثة × احتمال أن نجد طالباً منهم يزيد عن 18 سنة

= ن × ح (س < 18)

= 1000 × ح (ى < $\frac{16 - 18}{4}$)

= 1000 × ح (ى < 0.5)

ح(ى > 5) = 0.500 – ح (0 > ى > 0.5)

= 0.5000 – 0.1915 = 0.3085

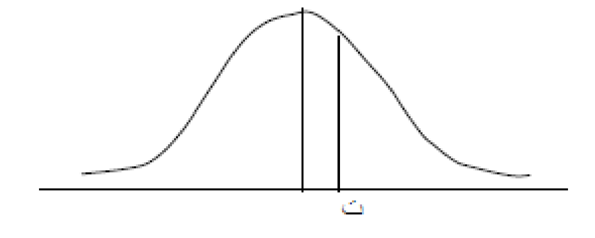
∴ تقدير عدد الطلاب الذين تزيد أعمارهم عن 18 سنة

= 1000 × 0.3085 = 308.5 تقريباً 309 طالباً.

2- توزيع " ت " =

يعتبر واحداً من أهم التوزيعات الاحتمالية المرتبطة بالعينات خاصة صغيرة الحجم، وله دالة كثافة احتمال تعتمد على عدد المفردات المستقلة الداخلة في حسابه والتي تسمى درجات الحرية " ولكن م " ، والشكل السابق رقم (7) يبين لنا التوزيع الاحتمالي للمتغير العشوائي " ت " ذي درجات الحرية 15 درجة. ونجد أنه متماثل حول الصفر، كما أنه قريب الشبه بالتوزيع المعتاد القياسي ويزداد التقارب بينهما كلما كبرت درجات الحرية حتى أنه عندما تكبر درجات الحرية كبراً كافياً فإننا نستخدم جداول التوزيع المعتاد القياسي في حساب الاحتمالات لقيم " ت " المختلفة.

ويبين الجدول رقم (جـ) بعض قيم " ت " التي تحصر على يسارها الاحتمالات الأكثر مشاعاً في الاستخدام في النواحي العملية (في اختبارات الفروض والتقدير)، أي أن الجدول يبين لنا قيمة " ت " التي تعطي المساحة المظللة في الشكل التالي:



وحيث أن توزيع " ت " يعتمد على درجات الحرية والمساحة المظللة، لذلك كتبت ت (م ، ح) حيث م درجات الحرية، ح احتمال أن يأخذ المتغير قيمة أقل من ت، ونجد أن العمود الأول بالجدول يبين م (درجات الحرية) بينما السطر الأعلى بالجدول يبين ح (المساحة على يسار القيمة ت). وتقع قيم ت لدرجات حرية م واحتمال ح عند القيمة داخل الجدول التي تقع عند تقاطع السطر المناظر لدرجة الحرية م والعمود المناظر لاحتمال ح. ويبين المثال الآتي ذلك.

مثال (48):

ت متغير عشوائي له توزيع " ت " بدرجات حرية 18 درجة، أوجد الآتي:

1- قيمة ت التي تحصر على يسارها 0.99 من المساحة تحت منحنى التوزيع الاحتمالي.
2- قيمة ت التي يكون احتمال أن نجد قيمة أقل منها يساوي 0.95.
3- قيمة ت التي يكون احتمال أن نجد قيمة أصغر منها 0.10.
4- قيمة ت التي يكون احتمال أن نجد قيمة أصغر منها 0.5.
5- قيمة أ التي تجعل ح (-أ < ت < أ) = 0.9.

الحل

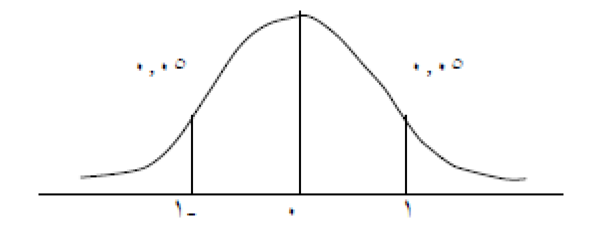
1- قيمة ت التي تحصر على يسارها 0.99 من المساحة تحت منحنى التوزيع هي القيمة التي تقابل تقاطع السطر المناظر لدرجات حرية 18 مع العمود المناظر لاحتمال 0.99 فنجد أنها 2.552 أي أن: ت (18 ، 0.99) = 2.552.
2- ت (18 ، 0.95) = 1.734
3- من تماثل التوزيع نجد أن:
ت (18 ، 0.10) = - ت (18 ، 0.90) = - 1.33
4- من تماثل التوزيع نجد أن:

ت (18 ، 0.05) = - ت (18 ، 0.95) = - 1.734

5- يبين الشكل أن المطلوب هو قيمة أ التي تجعل المنطقة المظللة تساوي 0.9 ومن التماثل فإن المنطقة أقل من (-أ) تساوي 0.05 والأكبر من أ 0.05 ومن الجدول فإن:

ت (18 ، 0.95) = 1.734

أي أن قيمة أ = 1.734



3- توزيع كا2:

يعتبر أحد التوزيعات الهامة في الإحصاء التحليلي، وهو يعتمد على ثابت واحد هو درجات الحرية، وهو يشترك في ذلك مع توزيع " ت " ولكنه يختلف عنه في أنه غير متماثل ولا يأخذ قيماً سالبة.

ونظام التوزيع المتغير الاحتمالي كا^2 تأخذ الشكل السابق وفي التطبيق العملي نعتمد أساساً على جدول توزيع كا^2 والذي يبين عموده الأول درجات الحرية " م " وسطره الأعلى مستويات الثقة الأكثر استخداماً (احتمال أن نجد قيمة أقل من قيمة كا^2 المحددة بالجدول) وداخل الجدول قيمة كا^2 التي يكون على يسارها تحت المنحنى قيمة الاحتمال المناظرة بالسطر الأعلى.

مثال (49):

من متغير عشوائي له دالة كثافة احتمال كا^2 بدرجات حرية 10 درجات أوجد الآتي:

1- ح (0 ≤ س ≤ 20.483)

2- قيمة أ التي تجعل ح (0 ≤ س ≤ أ) = 0.99

3- قيمة أ التي تجعل ح (أ < س) = 0.05

الحل

1- ح (0 < س < 20.483) نحدد السطر المناظر لدرجات حرية 10 ونبحث عن أ قيمة 20.483 في ذلك السطر ثم نحدد الاحتمال المناظر في أعلى العمود الموجودة به القيمة، ومنها:

ح (0 < س < 20.483) = 0.975

2- ح (0 < س < أ) = 0.99

نوحد تقاطع السطر المناظر لدرجات حرية 10 مع العمود المناظر لاحتمال 0.99، والقيمة المناظرة للتقاطع داخل الجدول هي قيمة أ فنجد أن:

أ = 23.209

3- ح (أ < س) = 0.05 كأن المطلوب قيمة أ التي تحقق ح (س < أ) = 0.95 ومن تقاطع السطر لدرجات حرية 10 والعمود المناظر نجد أن:

أ = 18.307

الفصل الثامن

المحاكاة

الفصل الثامن

المحاكـاة

ماهية المحاكاة:

إن التوصل إلى حلول النماذج الرياضية يمكن أن يتم باستخدام مدخلين أساسيين، هما:

1- المدخل التحليلي *Analytical A*

2- مدخل المحاكاة *Simulation A*

وسنتناول فيما يلي شرحاً موجزاً لهذين المدخلين مركزين على مدخل المحاكاة انسجاماً مع اتساق موضوعات هذا الباب.

1- المدخل التحليلي:

تنصف الإجراءات التحليلية في حل النماذج الرياضية إلى صنفين، هما:

أ- الحل العام باستخدام مجموعة من الرموز وتستخدم الأساليب الرياضية المعروفة لحل المشكلة المحددة.

ب- المنهجية العامة(*)، وتكون ذات طبيعة تكرارية، وذلك بالاعتماد على اختبار القيم المتنوعة لمتغير أو متغيرات القرار واختيار المتغير أو

(*) يطلق عليها عادة عبارة Algorithm أي الإجراء المنتظم خطوة بخطوة، وقد جاءت كلمة Algorithm أو الخوارزمية نسبة إلى العالم الرياضي أبي جعفر محمد بن موسى الخوارزمي (825م) صاحب كتاب (الجبر والمقابلة) الذي كان له الفضل في وضع أسس حل المسائل الرياضية في خطوات متعاقبة يفضي بعضها إلى بعض ويمكن تعريف أية خوارزمية بأنها "مجموعة العمليات الحسابية والمنطقية التي تقضي فيها الخطوة السابقة للخطوة اللاحقة لتنتهي بالحصول على الجواب ولكل خوارزمية بداية ونهاية تضم بينهما مجموعة من الخطوات أو الإيعازات اللازمة للحل" ومن صفات الخوارزمية أنها تحوي عدداً محدداً من الخطوات، ووضوح كل خطوة من الخطوات والهدف الخاص بها وتعد صالحة على أية مجموعة مناسبة من البيانات بمعنى أنها لا تقتصر على حالات معينة.

المتغيرات التي تعطي أحسن النتائج. وفي حالة التكرار، فإن المشـكلة المحـددة لا تحل مباشرة إذ يتم إجراء تجارب متعاقبة (تكرارية) حتى يمكن تحسين الحل في كل تكرار والوصول إلى الحل الأمثل كما في حالة تطبيق طريقة السمبلكس لحـل مشكلة البرمجة الخطية.

مدخل المحاكاة:

الفكرة الأساسية من المحاكاة هـي الانتفـاع (أو اسـتغلال) بعـض الأدوات أو الصـور أو الرسوم لتشبيه النظام الحقيقي وذلك لدراسة وفهم خصوصياته وسلوكه ومواصفات تشغيله. والأداة قد تكون فيزيائية (طبيعيـة) أو رياضـية أو أيـة وسـيلة ملائمـة تصـف سـلوك النظـام بشكل مؤثر بالصورة التي يرغب المدير فيها من دراسة هذا النظام وفهمه وتحليله وتصميمه وتحسينه أو تشغيله كما هي الحال في محاكاة صفات تشغيل طائرة جديدة.

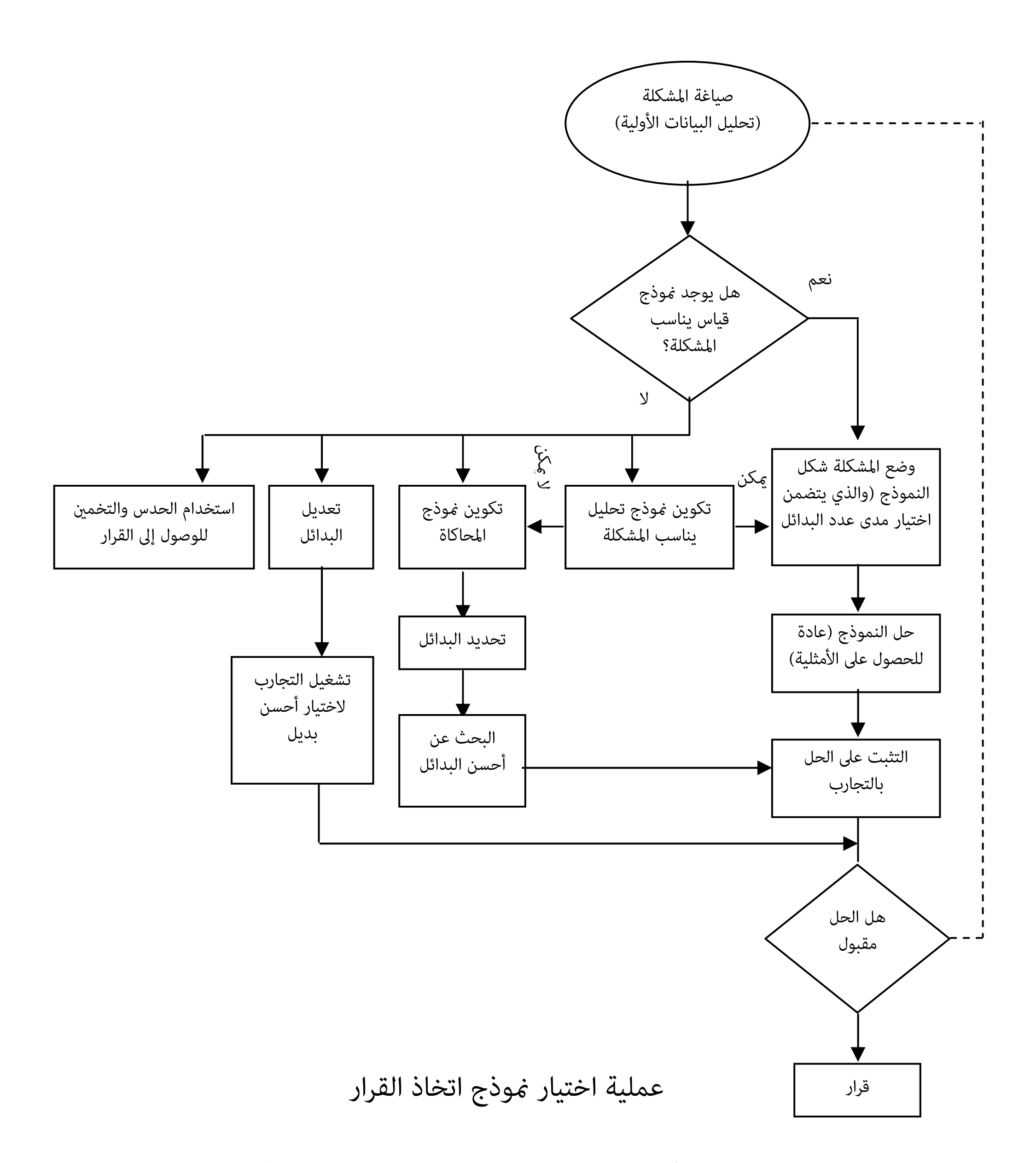
إن طريقتي المدخل التحلـيلي تشـتقان اسـتنتاجياً (اسـتدلالياً) *Deductively* مثـل طريقة السمبلكس إلا أنهما تطبقان بصورة استقرائية. أما عند إجراء المحاكات فـإن الحـل لا يشتق بصورة اسـتنتاجية وإنمـا يـتم بتجربـة النمـوذج وذلـك عـن طريـق إدخـال قـيم محددة لمتغيرات القرار في النموذج في ظل الحالات المفترضة ثم ملاحظة تأثيرها على تغـير المعيار، بمعنى أن إجراءات المحاكـاة ذات طبيعـة اسـتقرائية *Inductive* حيـث يسـتخدم مفهوم العينة العشوائية. والمحاكاة التي تعتمـد عـلى الـنماذج الرياضـية يمكـن أن تكـون محددة *Deterministic* أو احتمالية *Probabilistic* ومن الأمثلـة عـلى الـنماذج المحـددة هي محاكاة ترتيب المصـنع، والتحليـل الشـبكي، وتـوازن الخـط الإنتـاجي، أمـا الاحتماليـة فتمتاز نماذجها بأنها تتعامل مع ظاهرة عشوائية والافتراض الأساسي لهذه الـنماذج هـو أن توزيع أي متغير عشوائي يمكن تمثيله بقيمة واحدة (مفردة) ويشار إليهـا عـادة بالمحاكـاة وذلك باستخدام طريقة "مونت كارلو" التي تقوم عـلى فكـرة أخـذ عينـات عشـوائية مـن

النموذج الرياضي الذي يمثل النظام في الحياة الواقعية إذا أن هذه العينات العشـوائية تحـدد متغيرات النظام ذات الطبيعة العشـوائية *Stochastic Variable* عنـد نقـاط زمنيـة مختلفـة ويتم الحصول على التوزيعات الاحتمالية لهذه العينات العشوائية المشابهة للنظام الحقيقي.

ويمكن توضيح عملية اختيار نموذج اتخـاذ القـرار باختيـار أحـد المـدخلين التحليـل أو المحاكاة بالشكل التالي. إن الأسباب الأساسية لاستخدام أساليب المحاكاة عموماً، هي:

1- ينقص النماذج التحليلية القدرة على تتبع أو تسجيل سلوك النظام المـاضي أو المسـتقبل من خلال التقسيم الدقيق للفترات الزمنية، فالنماذج التحليلية تزود المدير بالحل العـام الذي يكون حلاً وحيداً أمثل.

2- يصعب عادة تمثيل النظم الكبيرة والمعقدة في الواقع الحقيقي بـنماذج رياضـية ملائمـة. ولهذا تكون الصعوبة بالغة لبناء نموذج تحليلي لتمثيل نظـام التـوطن *Urban System* إذ ينبغي الأخذ بنظر الاعتبار العوامـل الاقتصـادية والاجتماعيـة والسياسـية، أضـف إلى ذلك عجز الأساليب التحليلية المعروفة في بناء النماذج الرياضـية الملائمـة لـبعض الـنظم الكبيرة والمعقدة إذ أن معظم النظم الحركيـة المعقـدة لا يمكـن تمثيلهـا بصـورة واقعيـة بواسطة النماذج التحليلية.



عملية اختيار نموذج اتخاذ القرار

وللأسباب المذكورة آنفاً فإن استخدام أساليب المحاكاة تمثل حلاً للمشكلات الناجمة عن محاولة استخدام الأساليب التحليلية ومع ذلك تبدو الإشارة مفيدة هنا إلى أن بناء نماذج المحاكاة ليست بالأمر السهل ناهيك عن الوقت والتكاليف الكبيرة المترتبة على تشغيلها مما جعل المختصين ينصحون باعتماد النماذج التحليلية وتفصيلها على استخدام نماذج المحاكاة كلما كان ذلك ممكناً أو متاحاً.

طرق المحاكاة:

هناك طرق عديدة للمحاكاة ومن أهمها ما يلي:

1- طرق المباريات العملية *Operational Gaming*:

إن هذه الطريقة تشير إلى الحالات المتضمنة اختلاف وجهات النظر بين اللاعبين أو متخذي القرار ضمن هيكل بيئة المحاكاة *Simulated Environment* وهو اسم يطلق لمحاكاة التجارب التي تحدد فيها البشر قابليتهم على لعب الأدوار، ومن الأشكال الرئيسة واسعة الاستخدام هي:

أ- المباريات العسكرية *Military Games*:

يعود تاريخ المباريات العسكرية إلى زمن بعيد فيذكر البعض أنها استخدمت من قبل الصينيين في سنة (3000) ق. م. وقد استخدم *Prussians* مباراة الحرب لأغراض تدريب الجيش، ومنذ ذلك الحين استخدمت من قبل الدول الكبرى، وفي الوقت الحاضر أدت زيادة الخدمات العسكرية إلى اتساع مباراة الحرب وذلك لتقويم المعدات ولاختبار الاستراتيجيات والخطط ولتدريب القادة والمستشارين العسكريين.

ب- مباريات إدارة الأعمال *Business Management Games*:

هي اتخاذ سلسلة من القرارات تؤدي إلى تكوين نموذج لعمليات إدارة الأعمال يتولى المشاركون فيها القيام بدور إدارة عملية المحاكاة. و تستعمل في التعليم والتدريب كدراسة الحالة ولعب الأدوار وتدريب الحساسية. إن استخدام مباريات إدارة الأعمال مكافئ (أو مشابه) لاستخدام الأدوات المختبرية في العلوم الطبيعية نتيجة القرارات الجيدة أو الرديئة ويمكن اختبارها بسرعة بدون أية خسارة واقعية.

2- المحاكاة باستخدام طريقة مونت كارلو:

لتوضيح طريقة مونت كارلو فإن من الضروري أن نشير إلى أعمال فون نيومان *Von Newman* وآلم *Ulam*، فقد واجه علماء الفيزياء خلال الحرب العالمية الثانية في معامل *Los Alamos* للطاقة الذرية في فرنسا حيرة من سلوك النيترونات حيث اقترح العالمان الرياضيان حلاً بإخضاع المشكلة لعجلة الروليت وخطوة بخطوة فإن احتمالات الأحداث المنفصلة اندمجت في صورة متكاملة أعطت حلاً تقريبياً مقبولاً للمشكلة وقد أعطى فون نيومان الاسم الرمزي "مونت كارلو *Monte Carlo*" نظراً لسرية العمل الجاري في معامل *Los Alamos.* وطريقة "مونت كارلو" تقوم على دراسة قوانين الفرصة (الغرامة) *Laws of Chance* حيث نجحت نجاحاً كبيراً ف حل مشكلة انتشار النيوترونات. فانتشرت بشكل سريع في مجالات أخرى وتعد الآن من الأساليب المهمة في بحوث العمليات ومع أن طريقة "مونت كارلو" اقترحت استخدام عجلة الروليت أو النرد *Dice* إلا أن الأعداد العشوائية هي التي استخدمت عملياً.

وبهذه الطريقة يمكن حل المشكلات المعتمدة على الاحتمالات حيث يصعب عمل تجارب طبيعية (مادية) كما يصعب وضع صيغ مضبوطة لكل متغيراتها. وأساساً تدرس المشكلات بتحديد أحداثاً أو خطوات طويلة متتالية تتضمن كل منها احتمالاً. وبالرغم من إمكانية كتابة صيغة رياضية لاحتمال كل حدث أو خطوة معطاة، لا نستطيع في الغالب من كتابة معادلة مفيدة لجميع احتمالات الخطوات أو الأحداث، هذا وتعرف طريقة "مونت كارلو" بأنها: "عملية محاكاة باستخدام أساليب العينة" إذ بدلاً من أن يتم أخذ عينات من المجتمع الحقيقي، تؤخذ العينات من مجتمع نظري مماثل للمجتمع الحقيقي". ومن المفيد الإشارة هنا إلى أن طريقة "مونت كارلو" تتضمن تحديد التوزيع الاحتمالي للمتغير تحت الدراسة ثم تؤخذ عينة من هذا التوزيع بواسطة الأعداد العشوائية للحصول على البيانات. وبالنتيجة فإن

مجموعة الأعداد العشوائية تؤدي إلى توليد مجموعة من القيم لها نفس خصائص التوزيع للمجتمع الحقيقي.

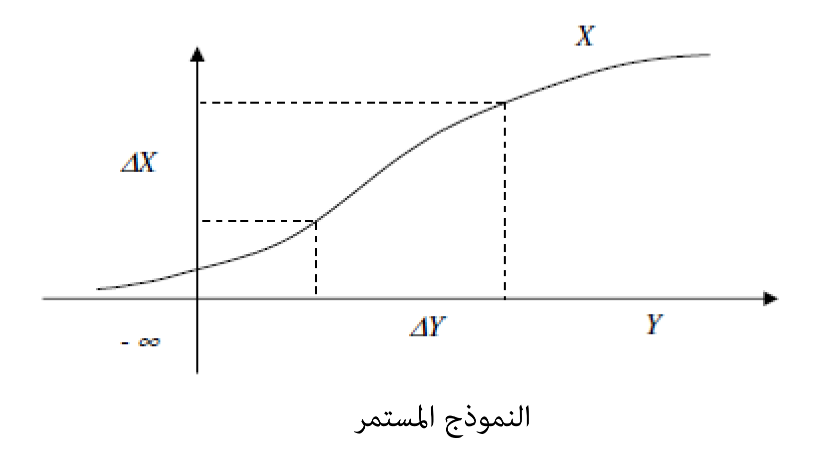
كما أن بالإمكان استخدام طريقة "مونت كارلو" في حل أصناف متعددة من المشكلات، تلك التي تتضمن بعض أنواع الإجراء العشوائي أو الخطوة العشوائية أما النوع الثاني من المشكلات فهي المشكلات الرياضية المحددة التي لا يمكن حلها بسهولة باستخدام كل الطرق المحددة فبالنسبة للنوع الأول طورت طريقة مونت كارلو لمحاكاة البيانات المعتمدة على التوزيعات الاحتمالية. أما النوع الثاني فتكون حلوله التقريبية ممكنة بواسطة محاكاة الخطوة (الإجراء) العشوائية، التي تكون دالة توزيعها الاحتمالي المتراكم تفي بالعلاقات الدالية ومتطلبات الحل للمشكلة المحددة. وإضافة لذلك فالمحاكاة بطريقة "مونت كارلو" يمكن استخدامها في حل مشكلة خطوط الانتظار إذ يمكن محاكاة كل من أزمنة الوصول والخدمة حيث أنها تكون احتمالية ويكون توزيعها الاحتمالي معروفاً.

مما تقدم، يتضح لنا أن طريقة "مونت كارلو" هي أسلوب محاكاة يعتمد على استخدام العينات من مجتمع نظري يحاكي المجتمع الحقيقي إلى جانب دراسة خصائص النظام والتوقعات المستقبلية لذا يستلزم الأمر تحديد نوع التوزيع الاحتمالي للمتغير العشوائي تحت الدراسة ثم تؤخذ عينة من هذا التوزيع عن طريق الأرقام العشوائية بحيث تتضمن هذه العينة خصائص توزيع مشابهة لتوزيع النظام الواقعي المراد محاكاته.

وهناك نوعان من نماذج مونت كارلو مقسمة وفقاً لطبيعة التغير الحاصل في المتغير وهي:

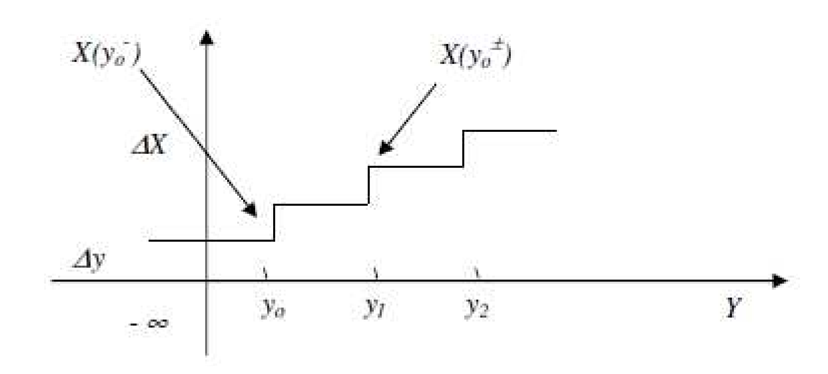
1- النموذج المستمر *Continuous Model*:

فالمتغير يمكن أن يأخذ أية قيمة في المدى الممكن لقيم هذا المتغير، ويمكن توضيحه بالشكل الآتي:



النموذج المستمر

ونشاهد من هذا الشكل أن قيمة المتغير $x(Y)$ تتغير باستمرار بتغير الفترة الزمنية (Δx) بمقدار (Δx) ويطلق على هذا النوع من التغير اسم التغير المتدفق *Smooth Change*.



النموذج المتقطع

ويشاهد هنا قيم المتغير $X(Y)$ بمقدار (Δ) عند نقطة زمنية معينة مثل (X_o) ويسمى هذا المتغير بالمتغير الفوري *Instantaneous Change*.

تكوين الأعداد العشوائية:

تتطلب المحاكاة، باستخدام طريقة "مونت كارلو"، أعداداً عشوائية للحصول على مشاهدات عشوائية من التوزيعات الاحتمالية. والعدد العشوائي رقم في سلسلة من الأرقام التي يكون احتمال حدوثها مساوياً لاحتمال حدوث أي عدد آخر في السلسلة. ومن الطرق البسيطة في تحديد الأعداد العشوائية للتوزيع المنتظم استخدام (10) كرات أو فيش (قصاصات ورقية صغيرة) أو عناصر متشابهة لها توقع متماثل للأعداد من (صفر – 9)، وباختيار هذه الأشياء بأسلوب غير متحيز يمكن توقع الحصول على مجموعة من الأعداد العشوائية كما يمكن أن تتم برمي زهر النرد عدة مرات بمقدار عدد الأرقام العشوائية المطلوب توليدها.

والمدخل الآخر في توليد الأعداد العشوائية يكون باستخدام الأجهزة الميكانيكية والإلكترونية إذ تتضمن الأجهزة الميكانيكية استعمال جهاز سريع الدوران مقسم إلى أقسام ذات أرقام متساوية. أما الأجهزة الإلكترونية فتستفيد من التذبذب العشوائي الناتج من دوران قرص دوار بسرعة. وقد نشر كيندال وسميث بابنكتون *Kendall and Babington Smith* في عام 1939 (100.000) عدد عشوائي يقرأ من خلال اسطوانة سريعة الدوران *Spining Disk* توضح بواسطة وميض مصباح كهربائي. كما نشرت شركة راند *Rand Corporation* في عام 1955، (100.000) عدد عشوائي أيضاً.

ويتم توليد أعداد عشوائية كاذبة (وهمية) باستخدام برنامج الحاسبة الإلكترونية.

والتسلسل العشوائي الوهمي عادة ليس عشوائياً في الواقع، إذ نحصل عليه باستخدام خطوات رياضية متكاملة، ومحددة، وكيفما يكن الحال فإن الأعداد المولدة بهذا الأسلوب تعامل على إنها عشوائية وهناك طريقتان رئيستان لتوليد الأعداد العشوائية الوهمية، هما:

أولاً: أسلوب منتصف المربع

ثانياً: أسلوب التطابق المتكاثر

أولاً: أسلوب منتصف المربع:

يبدأ بعدد زوجي من الأرقام، ويتم تربيع هذا العدد واختيار العدد الذي في المنتصف فيتكون لدينا (n) من الأرقام لهذه النتيجة تمثل العدد العشوائي ونحصل على العدد العشوائي بتكرار هذه الخطوة باستعمال العدد العشوائي السابق نقطة بداية بالطريقة نفسها.

ثانياً: أسلوب التطابق المتكاثر:

يمكن تطبيقها باستخدام صيغة التكرار، وتستعمل هذه الطريقة الصيغة الآتية:

$Xn + 1 = Kxn \text{ module } m \ldots. (1)$

حيث أن m, K قيم صحيحة موجبة

تكون K أقل من m وتتضمن المعادلة (1) على أن $Xn + 1$ عدد عشوائي بتولد من العدد العشوائي Xn وهذه الأعداد العشوائية الباقي من حاصل قيمة KXn على m.

كما أن هناك طريقة *Mixed Congruential* وطريقة *Multiplicative*، وطريقة *Additive* وتعد الطريقتان الأخيرتان حالة خاصة من الطريقة *Mixed Congruential*.

محاكاة النظام:

إن محاكاة النظام تتمثل في معالجة البيانات الواقعية من خلال النموذج الذي يتولد من بيئة التشغيل، وتفيد في تحليل المشكلات المعقدة حيث يتيح نموذج المحاكاة تحليل النظام استجابة لبدائل الأعمال الإدارية الموضوعة ويبحث في إمكانية اتخاذ القرارات على أساسها. ومن المفيد الإشارة هنا إلى اختلاف محاكاة النظام عن المحاكاة باستخدام طريقة "مونت كارلو" بأمور عديدة، منها:

1- في طريقة محاكاة النظام تسحب عينات من المجتمع الحقيقي بدلاً من سحب عينات من جدول الأعداد العشوائية (أو بعض النماذج الخاصة)، ولا يوجد تطابق نظري للمجتمع الحقيقي يستخدم في محاكاة النظام.

2- تستخدم طريقة محاكاة النظام في النماذج الرياضية و/ أو المنطقية التي يمكن حلها بطريقة تحليلية حيث تساعد متخذ القرار على الوصول إلى القرار المناسب وعندما تكون الحالات معقدة ولا يمكن تحليلها بالنماذج الرياضية (أي التي تحل بطريقة تحليلية) فإن أسلوب مونت كارلو يكون ملائماً لهذه الحالات.

ومن وجهة نظر المحاكاة، فإن هناك نوعين أساسيين من الأنظمة المختلفة وهي:

أ- النظم التي تتغير حالتها بصفة مستمرة مع مرور الوقت وتسمى الأنظمة المستمرة.

ب- النظم التي تتغير حالتها بشكل مفاجئ (غير متوقع) عند نقاط زمنية متقطعة وتسمى الأنظمة المتقطعة.

وعلى سبيل المثال فالنظام المخزني يعد من النظم المتقطعة فتحدث الإضافة إلى المخزن أو الطلب منه بأعداد متقطعة إذ أن مستوى المخزون يتغير بشكل متقطع مع الزمن. وحالات خطوط الانتظار مثال آخر للنظم المتقطعة لأن العملاء يلتحقون بخط الانتظار ويغادرونه بأعداد متقطعة.

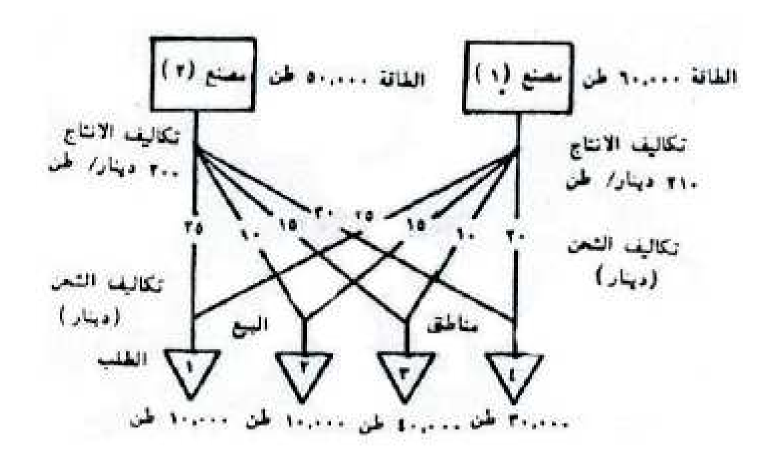
وتحدث معم النظم عادة في العلوم الهندسية. الفيزياوية بصفة مستمرة بينما معظم النظم التي نواجهها ف بحوث العمليات والعلوم الإدارية الأخرى تكون من النوع المتقطع كما هي الحال في نظم لاتصالات والنقل ونظم الحاسبات الإلكترونية. وهناك ثلاث طرق لمحاكاة الأنظمة وهي المحاكاة باستخدام الحاسبات الإلكترونية التناظرية والمحاكاة باستخدام الحاسبات الإلكترونية الرقمية والمحاكاة باستخدام الحاسبات الإلكترونية الهجينة.

1- المحاكاة باستخدام الحاسبات الإلكترونية التناظرية:

Simulation by Analog Computer:

تقوم الحاسبات التناظرية بتمثيل الأنظمة مستندة إلى التماثل بين المتغيرات الرياضية الخاصة بالمسألة والمتغيرات الفيزياوية (وهي الفولتيات) باستخدام عناصر حسابية تعمل معاً في آن واحد.

وبالإمكان تصوير المحاكاة باستخدام الحاسبات الإلكترونية التناظرية بالبدء بمصنعين يقومان بتجهيز المنتجات الفردية إلى أربع مناطق بيعية كما يظهر في الشكل التالي.



مصنعان يجهزان بمنتجع واحد لأربع مناطق

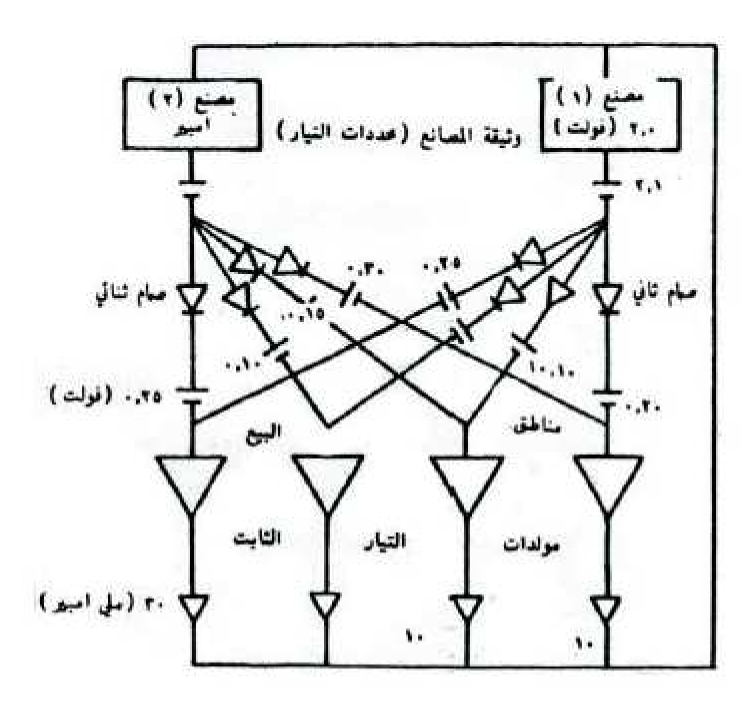
إن التكاليف المباشرة للإنتاج في المصنع (1) هي (200) جنيه للطن الواحد، (210) جنيه في المصنع (2) وتتراوح تكاليف الشحن بين (10-30) جنيهاً للطن الواحد والمشكلة هي كيفية وضع نمط التوزيع بحيث يجعل التكاليف الكلية لتلبية الطلب أقل ما يمكن. إن حل هذه المشكلة والتوصل إلى أقل التكاليف يمكن أن تكون مباشرة وبسيطة نسبياً. إلا أن الجواب في بعض الحالات الواقية لا يتضح ولا

نستطيع بسرعة التوصل إليه وتطويره باستخدام أساليب بحوث العمليات المتعارف عليها حسب، فالحاسبة الإلكترونية الرقمية *Digital Computers* تتطلب وقتاً طويلاً للتوصل إلى الحل الأمثل كما أن استكشاف التغيرات التي تحدث في النظام تحتاج إلى دورات طويلة إضافية (أي تكرارات إضافية) على الحاسبة الإلكترونية الرقمية وعلى هذا الأساس، فإن التغلب على فترات التشغيل الطويلة جداً يتم من خلال استخدام الحاسبة الإلكترونية التناظرية. كما يتضح من الشكل التالي أن التيار الكهربائي يناظر نظام التوزيع المادي للمنشاة والحال نفسها تنطبق على المصانع الأخرى وخطوط السكك الحديدة ومناطق البيع والعناصر المتشابهة الأخرى. وفي الحاسبة الإلكترونية التناظرية فإن العنصر الكهربائي يستخدم لمحاكاة كل مصنع وكل طلب من طلبيات البيع وكل دوال التكاليف.

ومن المفيد الإشارة هنا إلى وجود نوعان من أجهزة التيار *Current Devices* التي تستخدم بشكل شبكة لمحاكاة المصانع والطلب على المبيعات وهي:

1- محدد التيار *Current Limiter*:

ويسمح بزيادة التيار لحد القيمة القصوى بشرط أن لا يتجاوزها (أي تناظر طاقة المصنع بحيث لا يسمح بتجاوزها).



الانتفاع من الحاسبة الإلكترونية التناظرية

2- مولد التيار الثابت (الرئيسي):

وهو يسمح بدفق تيار ثابت لمحاكاة الطلب على المبيعات. والعناصر الكهربائية يمكن إدخالها في الأول لمحاكاة الشكل السابق فالجهد الكهربائي *Electrical Voltage* يمثل التكاليف المباشرة للإنتاج.

ويمثل التيار الكهربائي (*Electrical Current*) عدد الأطنان أما القدرة الكهربائية *Electrical Power* فتمثل التكاليف الكلية.

ووفقاً لنظرية ماكسويل *J. E. Maxwell* التي تنص على أنه عند مرور تيار كهربائي في أية شبكة (أو دائرة) تحتوي على عناصر نشطة (أو مولدة) ***Active*** أو عناصر سلبية (مستهلكة) ***Passive*** ينقسم التيار الكهربائي بحيث تكون القدرة

الضائعة أقل ما يمكن إذا كانت المقاومة قليلة جداً *Resistance is Negligible* وهذا يعني أن من الضروري بناء (إنشاء) وحدات كهربائية متناسبة مع القيم المادية (الطبيعية) للنظام وتتم قراءة التيار المتدفق في كل حلقة أو اتصال مع المصنع إلى المستهلك. حيث أن التيار المتدفق يتناسب طردياً مع كمية المنتج التي تنتقل خلال هذه القناة لضمان أدنى التكاليف الكلية للنظام وهذه الطريقة تستخدم في تطوير الإنتاج الأمثل والتوزيع عند حصول أي تغيير في الطلب أوفي الخطوط الإنتاجية.

ويسمح مدخل الحاسبة الإلكترونية التناظرية بعمل التغيرات في أي من هذه العوامل بدون إحداث أي خلل كبير.

ومن الجدير بالذكر أن الحاسبة الإلكترونية التناظرية تبدو فعاليتها الكبيرة في حل مسائل تمثيل الأنظمة التي توصف بمعادلات تفاضلية ومن فوائدها التشابه التام بين ربط العناصر الحسابية والتركيب الرياضي للمعادلات التي تصف الأنظمة الحقيقية إلا أن هناك محددات في عمل الحاسبات الإلكترونية التنظارية وإمكانياتها وبالأخص عند القيام بعمليات منطقية إضافة لعدم احتوائها على ذاكرة كما أن دقتها الحسابية محدودة.

3- المحاكة باستخدام الحاسبات الإلكترونية الهجينة:

تم إدخال استعمال الحاسبات الهجينة في بداية الستينات الأمر الذي طور من عمل الحاسبات التناظرية وإعطاءها إمكانية إجراء العمليات المنطقية التي تقوم بها الحاسبات الرقمية. ويمكن أن تتم الحسابات الهجينة فعلاً عند اقتسام الحل بين الحسابات الرقمية والتناظرية ولما كان الموضوع خارج الأفق المحدد لهذا الباب لن نتوسع فيه.

4- المحاكاة باستخدام الحسابات الإلكترونية الرقمية:

توسع استخدام الحاسبات الإلكترونية الرقمية منذ بداية الستينات في مجال محاكاة الأنظمة على حساب استخدامات الحاسبات الإلكترونية التناظرية، إذ تحتوي الحاسبات الرقمية على دقة عالية وذاكرة كبيرة لخزن المعطيات، إلا أن استخدام الحاسبات التناظرية له ما يميزه نظراً للتشابه الفيزياوي مع الأنظمة الحقيقية.

إن محاكاة الأنظمة باستخدام الحاسبات الرقمية يعتمد على اللغة المستخدمة لمحاكاة النظام على الحاسبة حيث تستطيع بعض لغات المحاكاة وصف الأنظمة بصورة معدلات تفاضلية، وتستخدم لغات أخرى مخططات كتلية (مقطعية) *Block Diagrams* لوصف الأنظمة بينما تقبل لغات أخرى وصف الأنظمة كعدد من الدوال التحويلية *Transfer functions* المتصلة فيما بينها كما تقبل بعض لغات المحاكاة باستخدام الحاسبات الإلكترونية الرقمية أكثر من طريقة واحدة لوصف الأنظمة. ولعل هذا الموضوع والذي سبقه يعدان مجالاً علمياً مهماً للتوسع فيه من طلبة الدراسات العليا لوجود تطبيقات مهمة فيهما تدعم توجهات الدراسة بخاصة في أطاريحهم التي تتناول العديد من المشكلات الميدانية المهمة.

5- لغات المحاكاة:

تقع معظم لغات المحاكاة في دائرة أحد تصنيفات الأنظمة المستمرة أو المتقطعة، فلغات محاكاة الأنظمة المستمرة تصمم لمحاكاة النماذج المستمرة، ولغات محاكاة الأنظمة المتقطعة تستخدم للنماذج المتقطعة أي التي تتغير حالتها عند نقاط زمنية معينة، وقد ظهرت أخيراً بعض اللغات التي صممت أساساً لتكون مناسبة لكل من النماذج المستمرة والمتقطعة على حد سواء وتسمى لغات المحاكاة المشتركة إذ تتفاعل المتغيرات المستمرة والمتقطعة فيما بينها.

وترتيباً على ذلك فإن لغات محاكاة الأنظمة على الحاسبات الإلكترونية الرقمية تنقسم إلى ثلاثة أنواع:

أولاً: لغات محاكاة الأنظمة المستمرة:

ومن أمثلة هذه اللغات(*):

MOBSSL-UAF, DARE, CSSL, CSMP, S1360, DSL/90 BEDSOCS.

ثانياً: لغات محاكاة الأنظمة المتقطعة:

ومن أمثلة هذه اللغات(*):

GASP, *SIMULA*, *GPSS*

ثالثاً: لغات محاكاة الأنظمة المشتركة:

ومن الأمثلة على هذه اللغات:

CLASS, *GASP-IV*, *GSL-A*, *PROSE*

(*) تمثل هذه الرموز ملخصاً للمصطلحات الآتية:

- MOBSSL - UAF: Merritt and Millers Own
- Block Structured Simulation Language
- Unpronounceable Acronym For
- DSL: Digital Simulation Language
- CSMP: Continuous System Modeling Program
- CSSL: Continuous Systems Simulation Language
- DARE: Differential Analyzer Replacement
- BEDSOCS: Bradford Educational Simulation Language for Continuous System

(*) تمثل هذه الرموز ملخصاً للمصطلحات الآتية:

- GPSS: General Purpose Simulation System
- SIMULA: Simulation Language
- GASP: General Acltylty Simulation Program
- GSL-A: Generalized Simulation Language.
- GLASS: Composlte Language Approach for System Simulation
- PROSE: Problem Level Programming System

وتمثل اللغات المذكورة آنفاً لغات محاكاة للأغراض الخاصة وذات مستوى عال، إذ أن معظم هذه اللغات ملائمة لمجالات محددة من التطبيقات فإذا أردنا محاكاة نظام الجيش اخترنا لغة المحاكاة *MILTRAN*، لكن لمحاكاة النماذج الحركية فإننا نميل إلى استخدام لغة المحاكاة *DYNAMO* ولمحاكاة جدولة ورش العمل فنستخدم لغة *GPSS*.

ومن الجدير بالذكر أن هناك لغات محاكاة ذات أغراض عامة مثل (فورتران *FORTRAN*، الكول، *ALGOL*، كوبل *COBOL*).

وترتيباً على ما تقدم، فإن المحاكاة باستخدام الحاسبات الإلكترونية تعد أساساً، أسلوبياً تجريبياً يستخدم في دراسة الأنظمة المتنوعة. ويكون الغرض من التجربة ملاحظة سلوك النظام إذ يتم تفهم النظام واتخاذ القرارات المناسبة.

6- تطبيقات في المحاكاة:

مثال (1):

أدناه جدول يمثل عدد السيارات الممكن تجميعها في خط التجميع الجديد في الشركة العامة لصناعة السيارات بالإسكندرية، مؤشراً فيه التوزيع الاحتمالي لعدد الهياكل ومستلزمات التجميع التي ترد في يوم ما لخط التجميع ولكل وحدة (سيارة).

العدد	الاحتمال
4	0.05
5	0.10
6	0.20
7	0.30
8	0.25
9	0.10
	1.00

حيث يتوفر في خط التجميع طاقة إنتاجية كافية للقيام بكافة أعمال التجميع في نفس يوم وصول الهياكل والمستلزمات الخاصة بالتجميع والمشار إلى أعدادها أعلاه، إلا أن الإدارة العليا طلبت عدم تجميع أكثر من سبع سيارات يومياً لاعتبارات تتعلق بسياسة جديدة تريد اعتمادها. والمطلوب استخدام طريقة مونت كارلو لمحاكاة ثلاثون يوماً لتحديد ما يلي:

1- متوسط عدد الهياكل والمستلزمات لكل وحدة (سيارة) بانتظار التجميع في اليوم.

2- متوسط التكلفة اليومية الناتجة عن وجود الهياكل والمستلزمات في ورشة التجميع، إذا ما علمت بأن تكلفة الانتظار تقدر بتسعون جنيهاً تتحملها كل وحدة منتظرة يومياً.

الأرقام العشوائية(*)

90	*11*	*12*	*95*	*97*
24	*91*	*75*	*95*	*02*
16	*99*	*14*	*67*	*80*
32	*57*	*72*	*24*	*66*
72	*28*	*20*	*76*	*96*
73	*61*	*82*	*64*	*55*
16	*70*	*74*	*02*	*50*
81	*33*	*08*	*53*	*29*
70	*91*	*01*	*16*	*58*
16	*67*	*69*	*16*	*51*
30	*97*	*36*	*55*	*04*
59	*61*	*35*	*54*	*86*
59	*11*	*52*	*23*	*24*
74	*50*	*99*	*36*	*39*
83	*86*	*41*	*44*	*47*

(*) Blerman, H., et al., Quantitative Analysis for Business Decisions, Richard Irwin, Hoomwood, Iulnois, 1997, P. 500.

60	*71*	*41*	*25*	*90*
65	*88*	*48*	*06*	*68*
44	*74*	*11*	*60*	*14*
93	*10*	*95*	*80*	*32*
20	*46*	*36*	*19*	*47*
86	*54*	*24*	*88*	*94*
12	*88*	*12*	*25*	*19*
42	*00*	*50*	*24*	*60*

جدول المحاكاة

اليوم	الرقم العشوائي	عدد الهياكل في البداية	الواردة	عدد الهياكل الممكن تجميعها يومياً	العدد المجمع	الرصيد آخر اليوم
1	97	0	9	9	7	2
2	02	2	4	6	6	0
3	80	0	8	8	7	1
4	66	1	8	9	7	2
5	96	2	9	11	7	4
6	55	4	7	11	7	4
7	50	4	7	11	7	4
8	29	4	6	10	7	3
9	58	3	7	10	7	3
10	51	3	7	10	7	3
11	04	3	4	7	7	0
12	86	0	8	8	7	1
13	24	1	6	7	7	0
14	39	0	7	7	7	0

15	47	0	7	7	7	0
16	60	0	7	7	7	0
17	65	0	8	8	7	1
18	44	1	7	8	7	1
19	93	1	9	10	7	3
20	20	3	6	9	7	2
21	86	2	8	10	7	3
22	12	3	5	8	7	1
23	42	1	7	8	7	1
24	95	1	9	10	7	3
25	95	3	9	12	7	5
26	67	5	8	13	7	6
27	24	6	6	12	7	5
28	76	5	8	13	7	8
29	64	8	7	15	7	8
30	02	8	4	12	7	5
		74		286		

عدد الهياكل	الاحتمال	الاحتمال المجمع	الأرقام العشوائية المخصصة
4	0.05	0.05	04 – 00
5	0.10	0.15	14 – 0.5
6	0.20	0.35	34 – 15
7	0.30	0.65	64 – 35
8	0.25	0.90	89 – 65
9	0.10	1.00	99 - 90

وباستخدام الأرقام العشوائية كما في الجدول العمود الأول نحصل على نتـائج المحاكـاة التالية:

1- متوسط عدد الهياكل والمستلزمات لكل وحدة والمنتظرة التجميع في اليوم = 30/74 = 2.5 = 3 وحدة

2- متوسط عدد الهياكل والمستلزمات لكل وحدة والممكن تجيعها في اليـوم = 30/286 = 9.53 =

إذن تكلفة الانتظار = 9.53 × 90 = 857.7 جنيهاً

وهذا يعني وجود تكاليف تبلغ (857.70 جنيهاً) في المتوسط يومياً نتيجة لقرار الإدارة العليا بالاكتفاء بتجميع سبع سيارات يومياً فقط وعدم استغلال الطاقة الإنتاجيـة المتـوفرة في خط التجميع.

مثال (2):

يستغرق أحـد الفنيـين العـاملين في قسـم السـيطرة النوعيـة زمنـاً قـدره (20) عشرون دقيقة للقيام بمجموعة من عمليات الفحص وإجراءات السيطرة النوعية على ماكينـة الـديزل المنتجة بينما كان معـدل وصـول العينـات المختـارة للفحـص هـو (15) خمسـة عشر دقيقـة. والمطلوب إجراء محاكاة لفترة زمنية قدرها (2.5 سـاعة) بـافتراض أن الـزمن المتـوفر يوميـاً في ورشة السيطرة النوعية لهذا النوع من عمليات الفحص هو (2.5 ساعة) ويبـدأ مـن السـابعة صباحاً ولغاية الساعة التاسعة و النصف صباحاً.

الحل

جدول المحاكاة فترة 2.5 ساعة لورشة السيطرة النوعية

الوقت	الواقعة	رقم الماكينة	فترة الانتظار
7.00	وصول	1	لا يوجد
7.15	وصول	2	
7.20	مغادرة	1	0.5 (ماكينة 2)
7.30	وصول	3	
7.40	مغادرة	2	0.10 (ماكينة 3)
7.45	وصول	4	
8.00	مغادرة	3	0.15 (ماكينة 4)
8.00	وصول	5	
8.15	وصول	6	
8.20	مغادرة	4	0.20 (ماكينة 5)
8.30	وصول	7	
8.40	مغادرة	5	0.25 (ماكينة 6)
8.45	وصول	8	
9.00	وصول	9	
9.00	مغادرة	6	0.30 (ماكينة 7)
9.15	وصول	10	
9.20	مغادرة	7	0.35 (ماكينة 8)
			0.30 (ماكينة 9)
9.30	نهاية المحاكاة		0.15(ماكينة 10)

$$\text{متوسط زمن انتظار كل ماكينة} = \frac{\text{مجموعة أزمنة انتظار المكائن}}{\text{عدد المكائن}}$$

$$= \frac{0.15 + 0.30 + 0.35 + 0.30 + 0.25 + 0.20 + 0.15 + 0.10 + 0.5 + 0.00}{10}$$

= 0.185 = 18.5 دقيقة

نسبة وقت الفني الشاغر = 0 %

وبالإمكان تحديد ما يترتب من تكلفة نتيجة انتظار المكائن إذا ما توصلنا إلى معرفة تكلفة انتظار كل ماكينة وعدد المكائن في الانتظار في الفترة الزمنية لعملية المحاكاة وهذه الأخيرة يمكن إيجادها بيانياً.

الفصل التاسع

نظرية صفوف الانتظار

الفصل التاسع

نظرية صفوف الانتظار

<u>تقديم:</u>

مسائل صفوف الانتظار تصادفنا كثيراً في حياتنا العملية – وفي جميع الأحوال يمكن تلخيص المسألة بتتابع لوحدات تصل إلى إمكانية ما تؤدي خدمة مطلوبة لهذه الوحدات – فإذا وجدت هذه الوحدات الإمكانية (تسمى عادة قناة الخدمة أو محطة الخدمة) مشغولة فهي تقف أمامها في صف الانتظار.

وطبيعة المسألة السابقة تجعلها مناسبة للتطبيق في مجالات شتى. ففي مجال صيانة المعدات تصل الأعطال تباعاً إلى فريق الصيانة الذي يمثل هنا محطة الخدمة التي تقوم بإصلاح الأعطال – فإذا وصلت الأعطال وكان الفريق مشغولاً بإصلاح عطل ما فإن الأعطال تنتظر دورها مكونة ما يسمى بصف الانتظار.

وفي المطارات تصل الطائرات لتهبط على ممرات الهبوط التي هي في حالتنا هذه محطة الخدمة – كما تصل السفن إلى الموانى لتفرغ وتمثل تسهيلات التفريغ هنا محطات الخدمة للسفن – فإذا لم تتوفر إمكانيات التفريغ لانشغالها انتظرت السفن دورها فيما يمكن أن تسميه طابور الانتظار.

كذلك في طلبات العملاء على مخازن البيع التي تمثل هنا محطات الخدمة فعندما لا تتوفر الأصناف المطلوبة تنتظر الطلبات دورها. وحتى ف بعض الأحوال البسيطة مثل وصول السيارات إلى محطات الوقود للتموين بالوقود حيث تمثل محطة الوقود قناة الخدمة وتقف السيارات أمام طلبة الوقود منتظرة دورها في صف الانتظار وأهم ما يميز هذه المسائل:

1- أن المسألة عبارة عن مسألة تدفق يمكن وصفها والتعبير عنها بمعدلات وصول للوحدات ومعدلات خدمة لمحطات الخدمة – ودراسة التوزيعات الاحتمالية للوصول والخدمة تمثل جانباً هاماً في نظرية صفوف الانتظار.

2- يلعب نظام الخدمة المتبع وترتيبه دوراً هاماً في تحليل النظام. فقد يكون لدينا محطة خدمة وحيدة أو مفردة – كما يمكن أن تتعدد محطات الخدمة بتكرارها لتعطي فرصة لعدد أكبر من الوحدات (أو العملاء أو الزبائن) في الخدمة مكونة ما يسمى محطات خدمة على التوازي – أو تتوالى لتتعدد الخدمة المؤداة بحيث يمكن اعتبار أن الوحدة تمر على أكثر من محطة خدمة على التوالي قبل انتهاء خدمتها – مكونة ما يسمى بمحطات الخدمة على التوالي.

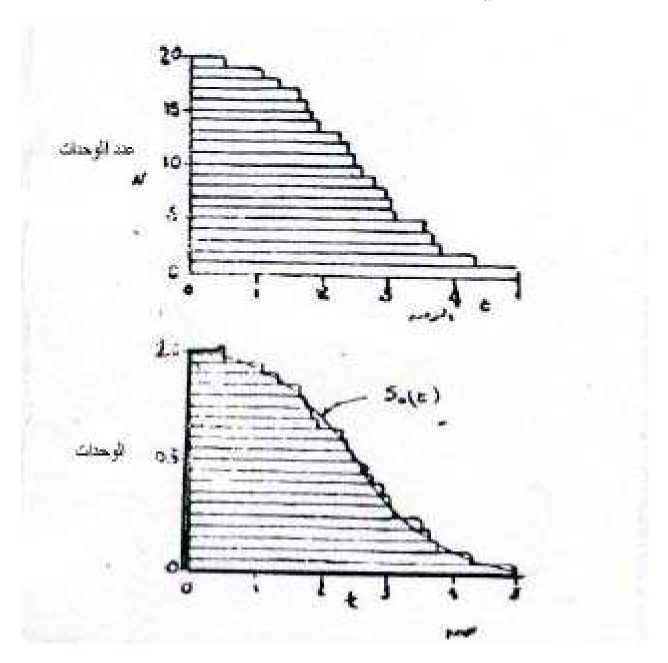
3- قواعد الخدمة يجب أن تتحدد لتأثيرها على خصائص النظام – في الأحوال العادية يتبع نظام أولوية الخدمة بأسبقية الوصول وهو ما يسمى بالتنظيم البسيط لصف الانتظار.

ولكن في بعض الأحوال يمكنا إغفال أسبقية الوصول باختيار الوحدات التي تدخل الخدمة عشوائياً أو وضع أولويات لبعضا لوحدات بحيث تخدم بغض النظر عن أولوية وصولها.

4- وأخيراً فإن القيود على صف الانتظار تدخل في الاعتبار – فقد يكون الوضع لا يسمح بأن تزيد الوحدات المنتظرة في الطابور عن حد أقصى معلوم – إما لأن عدد الوحدات المتواجدة في النظام محدود أو لأنه لا توجد إمكانية استيعاب أكثر من حد أقصى من المنتظرين – أو لأن الزبائن لا يطيقون الانتظار أكثر من زمن معين فيتركوا الطابور لمحطة خدمة أخرى. فإذا لم تكن هناك قيود على طول الطابور أمكن افتراض زيادته بلا حدود.

توزيعات الوصول والخدمة:

نفترض أننا قمنا بقياس الوقت الذي تستغرقه عملية الخدمة لمجموعة من الوحدات أو مئات الوحدات التي سوف نعتبرها متماثلة فيما يختص بالخدمة (مثل زمن الصيانة لمجموعة من الأعطال - أو وقت تعويض المخازن لكمياتها المطلوبة) وأننا قمنا بترتيب هذا الزمن تنازلياً - ثم وقفنا على منحنى يمثل محوره الأفقي الزمن ومحوره الرأسي عدد الوحدات - عدد الخدمات التي يستغرق أننا معها زمناً أكبر من وقت محدد - فإذا قسمنا هذا العدد على المجموع الكلي نستطيع أن نحصل على احتمال $S_o(t)$ بأن تستغرق الخدمة زناً ما أكبر من الزن المعين (t).



إن دالة الاحتمال $S_o(t)$ والتي تسمى في حالتنا بتوزيع وق الخدمة - هي كل ما نحتاجه في تحليلنا الإحصائي. ويبدأ المنحنى $S_o(t)$ بالواحد الصحيح عند $t = 0$ لأنه من المؤكد أن تستغرق الخدمة زمناً أكبر من الصفر ثم يقل هذا الاحتمال باستمرار حتى يصل إلى الصفر عندما تؤول، إلا ما لا نهاية.

وواضح أن المساحة تحت المنحنى $S_o(t)$ هي متوسط زمن الخدمة T_s – ويكن إثبات ذلك كما يلي:

حيث أن احتمال إتمام الخدمة بين زمن t وزمن لاحق $t + dt$ يعطي بالفرق بين $S_o(t)$، $S_o(t+dt)$ أي أن:

$$S(t)d(t) = S_0(t) - S_o(t+dt)$$

وطبقاً لمفكوك تايلور فإن:

$$S_o(t+dt) = S_o(t) + \frac{d\,S_o(t)}{d(t)}$$

أي أن احتمال إتمام الخدمة بين $S_o(t)$ ، $S_o(t+dt)$ يعطي:

$$S(t) = \frac{d\,S_o(t)}{d(t)}\ d(t)$$

أي أن:

$$S(t) = \frac{-\,d\,S_o(t)}{d(t)} \qquad (1)$$

حيث تسمى $s(t)$ بدالة الكثافة الاحتمالية لأن تتم الخدمة في زمن (t)

$$S_o(t) = {}^{\infty}\!\!\int_t s(t)\ d(t) \qquad (2)$$

ولحساب متوسط الزمن الذي تستغرقه الخدمة نضرب كل زمن في كثافتـه الاحتماليـة ثم نكامل لجميع قيم الزمن الواقعة بين الصفر وما لا نهاية أي أن:

$$Ts = {}^{\infty}\!\!\int_u t\ s(t)\ d(t) \qquad (3)$$

ويمكن إجراء التكامل (3) بنظرية التكامل الجزئي أي:

$$Ts = {}^{\infty}\!\!\int_0 s(t)\ d(t) = -\ [t\ S_o(t)]^{\infty}_{\ 0} + {}^{\infty}\!\!\int_0 S_o(t)\ d(t)$$

ونظراً لأن الجزء الأول بعد التكامل بـين القوسـين يسـاوي صـفر عنـد حـدي التكـاملي لذلك فإن:

$$Ts = {}^{\infty}\!\!\int_0 S_o(t)\ d(t) \qquad (4)$$

وهو المطلوب ....

إن التوزيع الاحتمالي $S_o(t)$ يفترض أننا نقيس الأزمنة عند بداية زمن الخدمة – ولكن إذا فرضنا في الحالة العامة أننا بدأنا قياس زمن الخدمة بعد بداية الخدمة بزمن معين x وأردنا أن نعلم ما هو احتمال أن تتم الخدمة بين زمن $y + dy, y$ بعد x فإنه من الواضح أن: احتمال أن تتم الخدمة في زمن بين $y + dy, y$ بعد x يعطي بـ

$$\frac{S(x + y)dy}{S_o(x)} \qquad (5)$$

وعندما تكون $x = 0$ فإن $S_o(0) = 1$ وتصبح (o) على الصورة

$$S(y)\ dy$$

ويوضح هذا أن سبب القسمة على $S_o(x)$ هو أن قياس الزمن بدأ من ء وليس من الصفر، كذلك فإن احتمال ألا تتم الخدمة حتى الزمن x يناسب مع $S_o(x)\ dx$ أي يساوي K $S_o(x)\ dx$ ثابت التناسب الذي يحدد باستيفاء شرط مجموع الاحتمالات يساوي الواحد الصحيح أي:

$$1 = k\ {}^{\infty}\!\!\int_0 S_o(x)\ dx = K\ Ts \qquad (6)$$

أي أن:

$$K = \frac{1}{Ts} \qquad \text{وبذلك تصبح } (5) \qquad \frac{S_o(x)\ dx}{Ts}$$

ولما كان احتمال أن تتم الخدمة بين زمن $y + dy, y$ بعد x هو حاصل ضرب الاحتمالين السابقين أو حاصل ضرب احتمال إتمام الخدمة بين الزمن $y + dy, y$ بعد x في احتمال وجود المحطة مشغولة عند الزمن x أي

$$\frac{s(x + 1)\ dy}{S_o(x)} \cdot \frac{S_o(x)\ dx}{Ts}$$

$$= \frac{1}{Ts} \quad \{ s(x + y)\, dx\, dy \qquad (7)$$

ومنها تحسب احتمال y أكبر من t لكل قي x الواقعة بين الصفر والمالا نهاية على النحو التالي:

$$V_o(t) = \frac{1}{Ts} \quad {}^{\infty}\!\int_0 dx\ {}^{\infty}\!\int_t s(x + y)\, dy \quad (8)$$

أي

$$V_o(t) = \frac{1}{Ts} \quad {}^{\infty}\!\int_t S_o(x)\, dx \qquad (9)$$

حيث تعطي $V_o(t)$ احتمال أن نقيس زمن الخدمة عشوائياً منذ بداية الخدمة فنجده يستغرق t منذ بدأ القياس. في الحالة الخاصة عندما يكون $S_o(t) = V_o(t)$ – أي عندما يكون زمن استغراق الخدمة لا يعتمد على زمن بدايتها فإن من (V)

$$Ts\, S_o(t) = {}^{\infty}\!\int_t S_o(t)\, dt \qquad (10)$$

وبإجراء تفاضل للمقدار (8) فإن:

أي $Ts \dfrac{d\, S_o(t)}{dt} = -\, S_o(t)$

$$\frac{d\, S_o(t)}{dt} = -\, \frac{1}{Ts}\, S_o(t) = -\, \mu\, S_o(t) \qquad (11)$$

حيث $\mu = 1/Ts$ = معدل الخدمة ومن (9) نحصل على:

$$\left.\begin{aligned} &`S_o(t) = V_o(t) = e^{-\mu t} \\ &S(t) = \frac{d\, S_o(t)}{dt} = \mu e^{-\mu t} \end{aligned}\right\} \qquad (12)$$

وتسمى إمكانية الخدمة في هذه الحالة والمعبر عنها في المعادلات (10) بأنها قناة خدمة أسية.

وينطبق نفس القول السابق على عملية وصول الوحدات فتحصل على $A_o(t)$ وهي احتمال وصول وحدة بعد زمن t من الوحدة السابقة لها – ثم الكثافة الاحتمالية $a(t)$ واحتمال وصول وحدة من $t+dt, t$ يعطي $a(t)\ dt$

$$a(t) = - \frac{d A_o (t)}{dt}$$

$$A_o(t) = {}^{\infty}\!\!\int_t a(t)\ dt \qquad (13)$$

متوسط زمن وصول الوحدات $= Ta = {}^{\infty}\!\!\int_0 A_o(t)\ dt \qquad (14)$

ويعطي $U_o(t)$ احتمال ألا تصل وحدات في زمن t يختار عشوائياً وعبر عنه في

$$U_o(t) = \frac{1}{Ta}\ {}^{\infty}\!\!\int_t A_o(t)\ d(t) \qquad (15)$$

وعندما يكون $U_o(t) = A_o(t)$ فإنه يكون لدينا وصول أسي للوحدات أي:

$$A_o(t) = U_0(t) = e^{-\lambda_t}$$

معدل وصول لوحدات $= \lambda = 1/Ta \qquad (16)$

$$a(t) = \lambda e^{-\lambda_t}$$

وفي حالة وصول الوحدات فمن المهم في كثير من الأحيان معرفة احتمال وصول عدد n من الوحدات في فترة معينة t – فإذا بدأت هذه الفترة بعد حدوث وصول مباشرة فإن الاحتمال هو $An[t]$ – إما إذا أخذت الفترة t عشوائياً فهو $Un[t]$ وواضح أن احتمال وصول وحدات عددها n بين $x+dx,\ x$ هو احتمال وصول وحدات $n-1$ في الفترة $(t-x)$ ثم وصول وحدة بين $x+dx, x$ والاحتمال الأول هو:

$$An\ 1\ [t - x]$$

والاحتمال الثاني:

$$A\ [\ x\ ]\ dx$$

وبضرب الاحتمالين نحصل على:

$$An[t] = {}^{t}\int_{0} An\text{-}1\ [t - x]\ a\ [x]\ dx \qquad (17)$$

وبالمثل فإن:

$$Un\ [t] = \lambda\ {}^{\infty}\int_{0} dx\ {}^{t}\int_{0} a\ [\ x + y\ ]\ An\text{-}1\ [t - y]\ dy$$

$$= \lambda\ {}^{t}\int_{0} A_{o}\ [x]\ An\text{-}1\ [\ t - x\ ]\ dx \qquad (18)$$

وفي حالة الوصول الأسي:

$$A_{o}[t] = U_{o}\ [t] = e^{-\lambda_{t}}$$

$$A_{1}\ [t= = {}^{t}\int_{0} A_{o}\ [\ t - x\ ]\ a\ [x]\ dx$$

$$= {}^{t}\int_{0} e^{-\lambda[t-x]}\ \lambda e\ e^{-x}\ dx$$

$$= \lambda\ {}^{t}\int_{0} e^{-\lambda_{t}}\ dx$$

$$= \lambda\ e^{-\lambda_{t}}\ {}^{t}\int_{0} dx$$

$$= t\ \lambda\ e^{-\lambda_{t}} \qquad (19)$$

$$A_{2}\ [t]= {}^{t}\int_{0} A_{1}\ [t - x]\ a\ [x]\ dx$$

$$= {}^{t}\int_{0} \lambda\ [t - x]\ e^{-\lambda[t-x]}\ \lambda e^{-\lambda_{x}}\ dx$$

$$= \lambda^{2}\ e^{-\lambda_{t}}\ {}^{t}\int_{0} [t - x]\ dx$$

$$= \frac{\lambda^{2} t^{2}}{2}\ e^{-\lambda_{t}} \qquad (20)$$

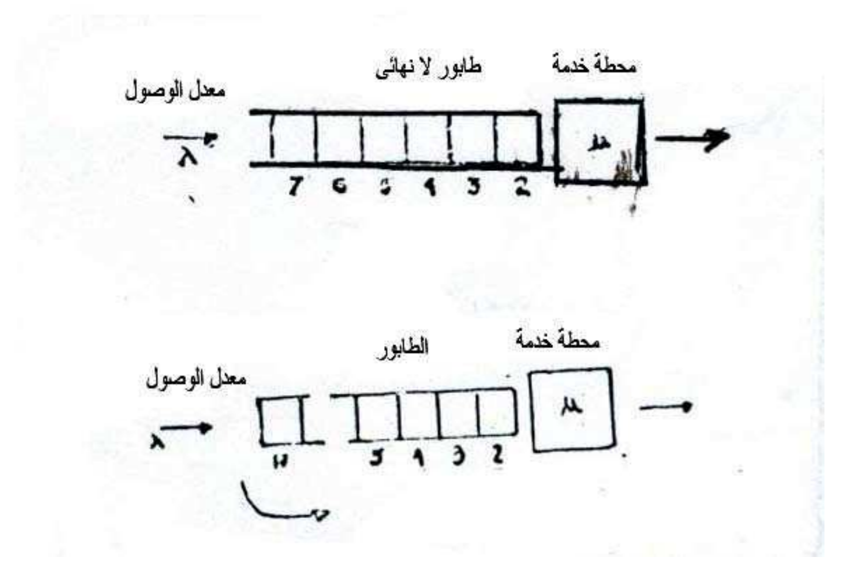
وبتكرار ذلك نحصل على:

$$An\ [t]= \frac{(\lambda t)^{n}}{n}\ e^{-\lambda_{t}} \qquad (21)$$

والتوزيع المعبر عنه في (21) هو توزيع بواسون وفي حالة الخدمة يكون

$$S_n[t] = \frac{(\mu t)^n}{n} e^{-\mu_t} \quad (22)$$

دراسة محطة الخدمة الأسية للمفردة:



تصل الوحدات إلى محطة الخدمة بعد وصول λ حيث تقوم المحطـة بـإجراء الخدمـة بمعدل خدمة μ - فإذا كانت المحطة مشغولة وقفت الوحدات في طابور الانتظار – ويفـترض أن التوزيع الاحتمال لكل من زمن الوصول والخدمة أسي – بمعنى أن وصول وحدات عـددها n في فترة زمنية معينة يتبع توزيع بوسون.

والطريقة المستخدمة في التحليل الرياضي هـي التحليـل التفاضـلي للفـرق ويمكـن بهـا الحصول على ما يسمى بخصائص النظام وهذه الخصـائص هـي كـل مـا يهمنـا معرفتـه عـن النظـام مثـل تحديـد احـتمال وجـود أي عـدد مـن الوحـدات n – وتحديـد العـدد المتوسـط للوحدات في النظام أو طـول الطـابور أو متوسـط زمـن الانتظـار. وهكـذا – وبالحصـول عـلى الخصائص سالفة الذكر يمكنا اختيار مقياس كفاءة يدخل في تكوينه هذه الخصـائص لتصـميم أنسب أو أمثل النظم.

والآن – ما هو احتمال وجود عدد من الوحدات مقدار n ؟ لا شك أن المنطـق يجعلنـا نذكر الأحوال التالية:

1- احتمال وجود وحدات مقدارها $n+1$ وحـدة في النظـام ثـم حـدوث إتمـام خدمـة لوحده.

2- احتمال وجود وحدات مقدارها $n-1$ وحدة في النظام ثم حدوث وصول لوحدة.

3- احتمال وجود وحدات n وعدم حدوث وصول أو خدمة.

وبفرض أن $Pn[t]$ هو احتمال وجود وحدات عددها n في الزمن t فإن احـتمال وجـود وحدات عددها n في الفترة $(t + dt)$ يعطي – $Pn[t - dt]$ – لاحظ أن طبقاً لمفكوك تايلور:

$$Pn[t + dt] = pn[t] + \frac{d\,Pn}{dt} .dt \qquad (23)$$

فإذا طبقنا الأحوال الثلاثة السـابق ذكرهـا فـإن احتـال وجـود وحـدات مقـدارها n في الزمن $(t + dt)$ يعطى باحتمال وجود وحدات مقـدارها $n+1$ في الـزمن t، $Pn+1(t)$ مضروبـاً في احتمال حدوث خدمة في الفترة dt. ولكن احتم الحدوث الخدم يعطى بـ:

$$Sn(t) = \frac{(\mu\, t)^n e^{-\mu_t}}{n\,!}$$

وعندما $t = dt$ ، $n = 1$ فإن:

$$S_1\,(dt) = (\mu\, dt)\, e^{-\mu\, dt} = \mu\, dt\, [1 - \mu dt + \ldots.] = \mu\, dt$$

وإذاً فإن احتال وجود وحدات مقدارها n في الفترة $t + dt$ يفرض وجود وحدات $n + 1$ في الفترة t يعطى بـ:

$$Pn + 1\,(t)\,.\,\mu\, dt \qquad (24)$$

كذلك فإن احتمال وصول وحدات في فترة ما يعطى بـ:

$$An\ (t) = \frac{(\lambda t)^n e^{-\lambda t}}{n\,!}$$

وعندما $n = 1$ ، $t = dt$

$$A_1\ (dt) = (\lambda\ dt)\ e^{-\lambda\ dt} = \lambda\ dt\ [1 - \lambda dt + \ldots.] = \lambda\ dt$$

ومن ثم فإن احتمال وجود وحدات مقدارها n في الزمن $t + dt$ بفرض وجود وحـدات $n\text{-}1$ في الزمن t يعطى بـ:

$$Pn - 1\ (t)\ .\ \lambda\ dt \qquad (25)$$

واحتمال عدم وصول وحدات أو عدم حدوث خدمة يعطى بـ:

$$A_o\ (t) = e^{-\lambda t}\ ,\ S_o\ (t) = e^{-\mu t}$$

وعندما $t - dt$ فإن عدم حدوث خدمة ووصول معاً يعطى بـ:

$$A_o(dt)\ .\ S_o(dt) = e^{-(\lambda + u)dt} = [1 - (\lambda + \mu)dt + \ldots.\ ]$$

ويكون احـتمال وجـود وحـدات مقـدرها n في الـزمن $t + dt$ بفـرض وجـود وحـدات مقدارها n في الزمن t يعطى بـ:

$$Pn\ [1 - (\lambda + \mu)\ dt] \qquad (26)$$

ويكون احتمال وجود وحدات مقدارها n في الزمن $t + dt$ يعطي مجموع الاحـتمالات الثلاثة السابقة المعبر عنها في (24)، (25)، (26).

أي

$$Pn\ (t+dt) = \mu Pn + 1\ dt\ + \lambda\ Pn - 1\ .\ dt + Pn\ .\ Pn\ \lambda + \mu\lambda dt$$

وبالتعويض في (23):

$$\frac{d\ Pn}{dt}\ \mu\ Pn + 1 + \lambda\ Pn\text{-}1 - Pn(\lambda + \mu) \qquad (27)$$

تسمى المعادلة (27) بمعادلة الاتزان التفصيلية.

إذا اعتبرنا في حالتنا قيد البحث حالة النظام المستقرة فقط دون الانتقالية فإن $dPn/dt = 0$ وتؤول العادلة (27) إلى:

$$0 - \mu Pn + 1 + \lambda Pn\text{-}1 - Pn(\lambda + \mu) \qquad (28)$$

وعندما $n = 0$ فإن:

$$0 = \mu P_1 + \lambda P_{-1} - P_o (\lambda + \mu)$$

ولكن $P\text{-}1 = 0$ لأنه ليس لها معنى طبيعي – كذلك لا تحدث خدمة μ عندما تكون المحطة فارغة فأن نلغي القيمة $P_o\mu$ وبالتالي فإن المعادلة تصبح

$$\mu P_1 = \lambda P_o = 0 \qquad (29)$$

ومنها $P_1 = pP_o$

حيث $p = \lambda/\mu$ معامل الاستغلال لمحطة الخدمة.

وعندما $n = 1$ فإن:

$$\mu P_2 + \lambda P_o - (\mu + \lambda) P_1 = 0$$

$$P_2 + p P_o - p P_o - p^2 P_o = 0$$

$$P_2 = p^2 P_o = p P_1 \qquad (30)$$

وهكذا فإن

$$Pn = p^n P_o \qquad (31)$$

إن املعادلة (31) هي المعادلة الأساسية في تحديدنا خصائص النظام.

خصائص محطة الخدمة المفردة الأسية وطول الطابور غير المقيد (لا نهائي):

في هذه الحالة فإنه لا يوجد لدينا عدد يتشبع به النظام بل يمكن نظرياً أن يصل الطابور إلى طول لا نهائي وقد سبق من المعادلة (31) تحديد احتمال وجود عدد من الوحدات مقدارها n ، Pn – ونظرياً لأن مجموع هذه الاحتمالات لجميع قيم n الممكنة يساوي الواحد الصحيح – فواضح أن:

$${}^{\infty}\Sigma_0\, Pn = 1 \qquad (32)$$

وبالتعويض عن Pn بدلالة p، P_o من (31) فإن

$${}^{\infty}\Sigma_0\, Pn = P_o(1 + p + p^2 + \ldots.) \qquad (33)$$

والطـرف الأيمـن مـن (33) هـو مجمـوع متواليـة هندسـية لا نهائيـة حـدها الأول P_o وأساسها p وتعطي بالعلاقة:

$1 = P_o/(1\text{-}p)$ أي $P_o = (1\text{-}p)$ ومنها

$$Pn = (1 - p)\, p^n \qquad (34)$$

ولتحديد متوسط عدد الوحدات في النظام نضرب كل عـدد مـن الوحـدات في احـتمال وجوده وتجمع لكل القي الممكنة ! n أى

$$L = {}^{\infty}\Sigma_0\, n\, Pn \qquad (35)$$

$$= P_o\,(p + 2p^2 + 3p^3 + \ldots) = \frac{p\, P^o}{(1 - p)^2}$$

$$L = p \,/\, (1 - p) \qquad (36)$$

أما عدد الوحدات المنتظرة فيا لطابور فيمكن حسابها من:

$$L_q = {}^{\infty}\Sigma_0\, (n\text{-}1)\, Pn \qquad (37)$$

$$= P_o\,(p + 2p^2 + 3p^3 + \ldots) = \frac{p^2\, P_o}{(1 - p)^2}$$

$$L_q = \frac{p^2}{1\text{-}p} = p\, L = L - P \qquad (38)$$

لاحظ أن $Lq \neq L - 1$

أن التغيرات التي تحدث في عدد الوحدات L يمكن التعبير عنها بالتفـاوت σ_L^2 والـذي يغطى بالعلاقة:

$$\sigma_L^2 = {}^{\infty}\Sigma_{n=0} (n-L)^2 Pn = {}^{\infty}\Sigma_{n=0} n^2 Pn - \left(\frac{p}{1-p}\right)^2 \quad (39)$$

ولكن

$$n^2 Pn = (1-p)\ {}^{\infty}\Sigma_{n=0} n^2 pn = (1-p)p \frac{d}{dp}\ p \frac{d}{dp}\ {}^{\infty}\Sigma_{n=0} p^n$$

$$= \frac{p}{1-p} + \frac{2p^2}{(1-p)^2}$$

$$\sigma_L^2 = \frac{p}{1-p} + \frac{p^2}{(1-p)^2} = L + \left(\frac{p}{1-p}\right)^2$$

إن الوقت الذي يستغرقه أي زبون في الطابور هو

$$Wq = Lq/\lambda \quad (41)$$

والوقت الذي يستغرقه الزبون في النظام يعطى بـ:

$$W = L/\lambda = \frac{p}{(1-p)\lambda} = \frac{\lambda/\mu}{(1-\lambda/\mu)^{\lambda}}$$

$$W = \frac{1}{(\mu - \lambda)} \quad (42)$$

واحتمال وجود عدد من الوحدات مقدارها N أو أكثر في النظام تعطى بـ:

$$QN = {}^{\infty}\Sigma_{n=N} Pn = p^N$$

أن احتمال أن يظل الزبون في النظام زمناً T أو أكبر – يمكن التوصل إليه كما يلي:

إذا لم تكن هناك وحدات فإن احتمال أن الخدمة تستغرق وقتاً أطول من T تعطي: $V_o(T) = e^{e-\mu t}$ – فإذا كانت هناك وحدة فيضاف إلى ذلك $V_t(T)$ وهكذا إذا كان هناك n وحدة تسبقها فإن يضاف لها أيضاً $V_n(T)$ أي أن:

$$G(T) = V_0(T) + V_1(T) + V_2(T) + ... + V_n(T)$$

$$G(T) = {}^{n}\sum_{m=1} [\quad \frac{(\mu t)^m}{m!} \quad e^{-\mu T}$$

وبضرب هذا الاحتمال في احتمال وجود وحدات مقدار m نحصل على

$$G(T) = {}^{\infty}\sum_{n=0} Pm \; {}^{n}\sum_{m=0} V_m(T) - (1-p) \; {}^{\infty}\sum_{m=0} p^m$$

$${}^{n}\sum_{m=0} \quad \frac{(\mu T)^m}{m!} \quad e^{-\mu T}$$

احتمال الانتظار بالنظام زمناً أطول معه (T) = $e^{-(\mu - \lambda)T}$ (43)

$$G(T) = e^{-(1-p)\mu T} \qquad (44)$$

وبنفس الطريقة

احتمال الانتظار = $G_q(T) = {}^{\infty}\sum_{n=1} Pn \; {}^{n-1}\sum_{m=0} Vm(T)$

بالصف فترة تزيد عن T

$$G_q(T) = pe^{-(1-p)\mu T} \qquad (45)$$

خصائص محطة الخدمة المفردة عندما تتشبع بعدد أقصى من الوحدات:

في هذه الحالة يفترض أن محطة الخدمة مفردة وأسية ولكن النظام يتشبع بحد أقصى من الوحدات N – وبالتالي فإن المعادلة (22) تصبح:

$${}^{N}\sum_{0} Pn = 1 \qquad (46)$$

$$P_o[1 + p + p^2 + ... + p^N] = 1$$

وهي متوالية هندسية حدها الأول P_o وأسها p وعدد حدودها $N+1$ يعطي مجموعها

$$1 = \frac{P^o(1-p^{N+1})}{1-p}$$

$$P_o = \frac{1-p}{1-p^{N+1}}$$

$$Pn = \frac{(1-p)}{(1-p)^{N+1}} \quad p^{n}$$

كذلك يعطي العدد المتوسط L للوحدات في النظام

$$L = {}^{N}\sum_{n=0} nPn$$

$$= P^{o}(p + 2p^{2} + 3p^{3} + \ldots + N_{p})$$

$$=P_{o}p \quad \frac{[1-(N+1)p^{N} + N_{p}^{N+1}]}{(1-p)^{2}}$$

$$=[\quad \frac{1-p}{1-p^{N+1}} \quad] . p . [\quad \frac{1-(N+1)\, p^{N} + N_{p}^{N+1}}{(1-p)^{2}} \quad]$$

$$L = p \quad \frac{[1-(N+1)p^{N}+N_{p}^{N+1}]}{(1-p)(1-p^{N+1})} \qquad (48)$$

وبنفس الطريقة

$$L_{q}= {}^{N}\sum_{n=1}(n-1)P_{n}$$

$$= p^{2} \quad \frac{[1-N\, p^{N} +(N+1)p^{N+1}]}{(1-p)(1-p^{N})} \qquad (49)$$

مقياس الكفاءة وتصميم نظام محطة الخدمة المفردة الأسية:

سوف نذكر في هذا البند بعض الأمثلة على استخدام خصائص النظام المستنبطة سلفاً في تصميم النظام بعد استحداث مقياس الكفاءة المناسبة لحالته.

أ- في حالة الطول اللانهائي للطابور فإن التكلفة الكلية لنظام المحطة يعتبر أساساً للمقارنة وتصميم أفضل النظم – إن التكلفة الكلية للمحطة في هذه الحالة هي حاصل جمع تكلفة خدمة الوحدات والتي يفترض أنها تتناسب طردياً مع معدل (سرعة) الخدمة μ أي أن:

تكلفة الخدمة = $C_1 = C_\mu \,.\, \mu$

حيث C_μ التكلفة لوحدة معدل الخدمة μ.

متنافاً غليها تكلفة الوقت الذي تستغرقه الوحدة في النظام W وحيث أن هذا الوقت يعطى بـ:

$$W = \frac{1}{(\mu - \lambda)}$$

فإذا كان التكلفة لوحدة الزمن C_W فإن

$$\text{تكلفة زمن الانتظار} = C_1 = \frac{C_W}{(\mu - \lambda)}$$

وبالتالي فإن $C = C_1 + C_2$ = التكلفة الكلية للنظام

$$= \mu \,.\, C_\mu + \frac{C_W}{(\mu - \lambda)} \qquad (50)$$

ولإيجاد أفضل معدل خدمة μ تفاضل C بالنسبة لـ μ وتساوي الناتج بالصفر أي:

$$\frac{\partial C}{\partial \mu} = 0 = C_\mu \quad \frac{C_W}{(\mu - \lambda)_2}$$

ومنها:

$$\mu^* = \frac{C_W}{(\mu - \lambda)} + \lambda \qquad (51)$$

ب- في حالة الطول المحدود للطابور وعدد أقصى N للوحدات في النظام فإن المقترح هووضع مقياس كفاءة يجمع بين ما يكسبه من خدمة الزبائن وما تتكلفه نتيجة الخدمة – أن تكلفة الخدمة سبق تحديدها على النحو:

$$C_1 = C_\mu \,.\, \mu$$

أما دخل الإمكانية (أو المحطة) فيمكن الحصول عليه من

$$R = r\lambda(1 - Pn) \qquad (52)$$

حيث r = دخل أداة الخدمة.

لاحظ أن سبب الضرب في المقدار $(1-P_N)$ في المعادلة (52) أننـا في الواقـع نخـدم هـذه الجزء فقط من الزبائن فبضرب هذا المقدار في λ ثم r نحصل عـلى الـدخل لوحـدة الـزمن – ويكون صافي الدخل Z.

$$Z = R - C_1$$

$$= r\lambda(1-P_N) = C_\mu . \mu$$

$$Z = r\lambda\mu\left[\frac{\mu N . \lambda N}{\mu N+1 . \lambda N+1}\right] - C_\mu . \mu \qquad (53)$$

وبمفاضلة هذا المقدار بالنسبة لـ μ ومساواته بالصفر

$$\frac{\partial Z}{\partial \mu} = 0$$

نحصل على أفضل معدل خدمة وبالتالي أفضل معامل استغلال p^* على الصورة:

$$P^{*N+1}\left[\frac{N-(N+1)\,p^* + p^{*N+1}}{(1-p^{*N+1})^2}\right] = C_\mu/r \qquad (54)$$

ج- تأثير الزبون الغير صبور على محطة الخدمة المفردة الأسية:

في معالجتها السابقة افترضنا أن الزبون يقف في الطابور بغض النظر عن طول الطابور – الأمر الذي لا يتوفر في كثير من الأحيان حيث يتوقف احتمال وقول الزبون فيا لطابور عـلى الزمن الذي يتوقعه لانتظار الخدمة – في هذه الحالة من المناسب أن نستبدل مفهوم احتمال وصول الوحدات بمفهوم آخر أكثر ملاءمة هو احتمال وقوف الوحدة في الطابور.

وأحد النماذج المقترحة للتعبير عن "عدم صبر" العميل هو افتراض أن أن نسبة الزبائن التي تقف بالطابور تعطي بـ:

حيث α ثابت، t الزمن الذي يتوقعه الزبـون لانتظـاره – وواضـح أن t يمكـن حسـابه مباشرة من $t = n/\mu$ حيث n عدد الوحدات، μ معدل الخدمـة تصـبح نسـبة الزبـائن التـي تقف في الطابور $e\ a^{n}/\mu$ وبالتعويض في معادلات الاتزان التفصيلية في (28).

$$\mu Pn + 1 + \lambda\ e^{-\alpha/\mu(n-1)}\ Pn - 1 - (\mu + \lambda\ e^{-\alpha/\mu\ n})Pn \qquad (55)$$

لاحظ أن احتمالات الوصول تتغير إلى احتمالات التحاق وحـدة الطـابور – لـذلك فـإن التغير من الحالة $n\text{-}1$ إلى n يعطي بضرب $Pn\text{-}1$ في

$\lambda e^{-\alpha/\mu(n-1)}$ بدلاً من λ وبالمثل Pn تضرب في $\lambda^{-\alpha/\mu\ n}$.

وللتخلص من العلة الأسية يجري التعويض $\delta = e^{-\alpha/2\mu}$ وبذلك تؤول (55) إلى:

$$\mu Pn + \lambda\delta^{2(n-1)}\ Pn\text{-}1 - \mu + \lambda\delta^{2n}\ Pn = 0 \qquad (56)$$

وهي معادلة التوازن الأسية في حالتنا وبالتعويض المتتالي عن قيم n نحصل على:

عندما $n = 0$:

$$\mu P_1 - \lambda P_o = 0\ ,\ P_1 = pP_o,\ P = \lambda/\mu$$

عندما $n = 1$:

$$\mu P_2 + \lambda P_o - (\mu + \lambda\delta)P_1 = 0$$

$$P_2 = p^2\delta^2 P_o$$

عندما $n = 2$:

$$\mu P_2 + \lambda\delta^2 P_1 - (\mu + \lambda\delta^2)P_2 = 0$$

$$P_2 = p^2\delta^2 P_o$$

وهكذا فإن:

$$Pn = [p^n \delta^{n2-n}]P_o \qquad (55)$$

ولتحديد قيمة P_o يستخدم التعويض $^{\infty}\Sigma_0\, Pn = 1$

$$P_o\ ^{\infty}\Sigma_0\, p^n \delta^{n(n-1)} = 1$$

$$P_o = \frac{1}{^{\infty}\Sigma_0\, p^n \delta^{n(n-1)}}$$

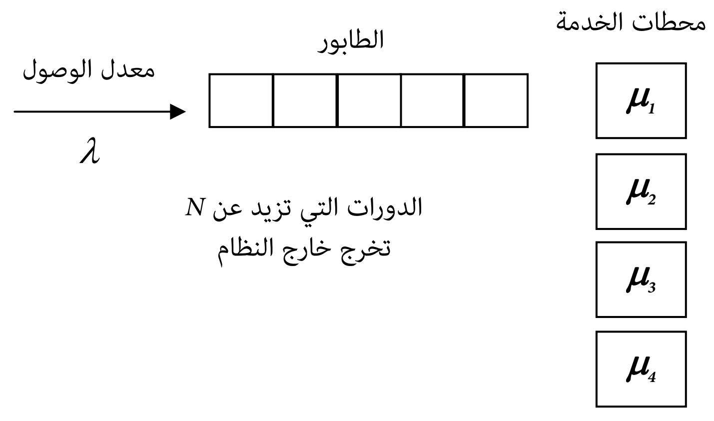
$$P_n = \frac{p^n \delta^{n(n-1)}}{^{\infty}\Sigma_{n=0}\, p^n \delta^{n(n-1)}} \qquad (56)$$

$$L = {}^{\infty}\Sigma_{n=0}\, nPn = \frac{^{\infty}\Sigma_{n=1}\, np^n \delta^{n(n-1)}}{^{\infty}\Sigma_{n=0}\, p^n \delta^{n(n-1)}}$$

$$L_q = L\text{-}1 + P^o$$

دراسة محطات الخدمة المتعددة الأسية:

محطات الخدمة على التوازي



الشكل التالي يبين مجموعة من محطات خدمة على التوازي عددها M – فإذا كان عدد الوحدات التي تصل n أقل من M فلا يوجد لدينا طابور انتظار – أما إذا كانت n أكبر من M فيكون لدينا صف انتظار بطول $(n\text{-}M)$.

أن معادلات الاتزان في حالتنا هذه يمكن التعبير عنهـا في الحالـة المسـتقرة عـلى النحـو التالي:

$$N = 0 \qquad \mu P_1 - \lambda P^O = 0$$

$$n < M \qquad (u+1)\mu P_n + 1 + \lambda P_n - 1 - (n\mu + \lambda)\ Pn = 0$$

(58)

$$N > M \qquad M\ \mu Pn + 1 + \lambda Pn - 1 - (M\mu + \lambda)\ Pn = 0$$

عندما يكون عدد الوحدات في النظـام n أصـغر مـن عـدد القنـوات M للخدمـة فـإن معدل الخدمة μ يتزايد بوصول الوحدات لأن كل وحدة تصل تجد في انتظارها محطة فارغة تستطيع أن تخدمها بمعدل μ - ويستمر هذا الوضع حتى تصل n إلى عـدد القنـوات M وفي هذه الحالة لا يمكن زيادة معدل الخدمة الكلي عن Mu حيث M عـدد القنـوات الكليـة، μ معدل الخدمة لك لقناة أو محطة خدمة فإذا زادت n عن M ظـل معـدل الخدمـة عـلى مـا عليه نحد أقصى $M\mu$ ووقفت الوحدات $(n\text{-}M)$ في الطابور.

وفي حالة $n < M$ تعطي معادلة الاتزان:

$$Pn = \frac{(Mp)^n}{n\,!} P_o \qquad (59)$$

$$\text{معامل الاستغلال النظام} = p = \frac{\lambda}{M\mu}$$

وفي حالة $M < n$ تعطي معادلة الاتزان

$$Pn = \frac{(M)^M}{M\,!} P^n P_o \qquad (60)$$

أ- تعريف بعض الدوال:

سوف نحتاج للتعبير المختصر عن خصائص النظام في حالة محطات الخدمـة المتعـددة إلى تعريف الدوال التالية:

$$Em(x) = e^{-x\ m}\sum_{n=0} \frac{x^n}{n\,!} \qquad (61)$$

$$Dm(x) = Em + 1\ (x) - \left(\frac{X}{m + 1} \right) Em \qquad (62)$$

$$en\ (x) = \frac{x^n\ e^{-x}}{n\,!} \qquad (63)$$

هذه الدوال الثلاثة مجدولة في نهاية هذا الباب.

ب- خصائص النظام وتصميمه في حالة عدم وجود طابور:

سوف نعتبر كبداية الحالة التي فيها طول الطابور يساوي صفر أي عندما لا تكون هناك محطة فارغة من المحطات التي عددها M لا تقف الوحدات في الطابور بل تتجه إلى أماكن أخرى لخدمتها.

وباستخدام الدوال التي سبق تعريفها في (61), (62), (63) يمكن الحصول من معادلات الاتزان على النتائج التالية:

$$\text{احتمال وجود النظام فارغ} = P_o = \frac{e^{-pM}}{E_M(pM)} \qquad (64)$$

$$n < m\ n\ \text{احتمال وجود وحدات عدد} = Pn = \frac{E_n(pM)}{E_M(pM)} \qquad (65)$$

$$\text{العدد المتوسط للوحدات في النظام} = L = \frac{MpE_{M-1}(pM)}{E_M(pM)} \qquad (66)$$

وبالحصول على الخصائص السابقة يمكنا في الواقع تصميم النظام الأمثل المناسب لمقياس كفاءة معلوم. سوف نأخذ في الحالة قيد الدراسة كيفية تحديد العدد الأمثل M لمحطات الخدمة على التوازي الأمر الذي يبدو منطقياً ف مثل هذه الحالات.

إن مقياس الكفاءة المقترح فيه هذه الحالة هو:

$$Z_M = \mu MLr - Mc \qquad (67)$$

حيث:

Z_M = صافي الدخل

L= متوسط عدد الوحدات في النظام

R= الخل الكلي لخدمة واحدة

μ = معدل الخدمة

M = عدد القنوات المتوازية في النظام

C= تكلفة تشغيل كل قناة لوحدة الزمن

بالتعويض في (67) نحصل على:

$$Z_M = \mu M\ Lr\ [\ \frac{E_{M-1}\ (pM)}{E_M\ (pM)}\ ] - Mc$$

وبالقسمة على $\mu\ r$

$$Z_M = (pM)\ [\ \frac{E_{M-1}\ (pM)}{E_M\ (pM)}\ ] - M\ (\ \frac{Cr}{\mu}\ ) \qquad (68)$$

لاحظ أن Z_{M+1} يمكن التعبير عنها أيضاً كما يلي:

$$Z_{M+1} = (pM)\ [\ \frac{E_M\ (pM)}{E_{M+1}\ (pM)}\ ] - [M+1]\ (\ \frac{Cr}{\mu}\ ) \qquad (69)$$

وبرح (68) من (69) نحصل على:

$$Z_{M+1-ZM} = pM\ [\ \frac{E_{(pM)}}{E_{M+1}(pM)} - \frac{E_{M+1}(pM)}{E_M(pM)}\ ] - \frac{Cr}{\mu} \qquad (70)$$

وبفرض أن الدالة Z_M دالة مستمرة في M فعند النقطة المستقرة للدالة Z_{M+} فإن:

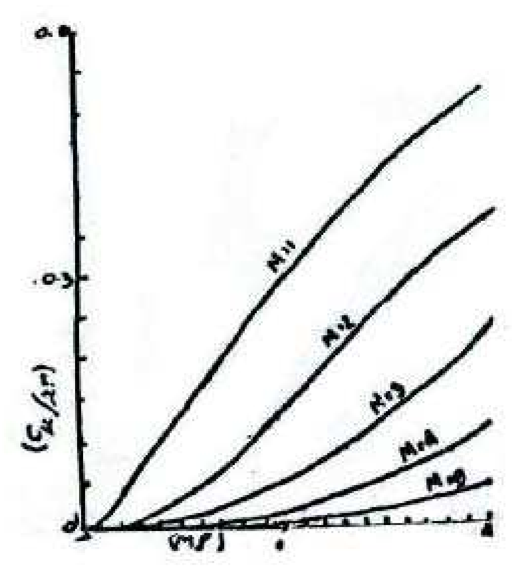
$$Z_{M+} \leq Z_{M+1}$$

أي أن من المعادلة (70) نحصل على المتباينة:

$$\frac{C}{r\mu} > P_M \left[\frac{E_M(pM)}{E_{M+1}(pM)} - \frac{E_{M-1}(pM)}{E_M(pM)} \right] \qquad (71)$$

ويمكن رسم مجموعة المنحنيات:

$$\frac{E_M(pM)}{E_{M+1}(pM)} - \frac{E_{M-1}(pM)}{E_M(pM)}$$



كدالة في pM كما هو مبين في الشكل وعلى نفس المحور لقيمة الدالة نضع قيم $C/r\mu$ للنظام قيد الدراسة. ولأي توفيق

$$\left(\frac{C}{ru} \right) \text{،} \left(pM = \frac{\lambda}{\mu} \right)$$

تحدد النقطة التي تمر بأقرب منحنى في الخريطة في محدد ذلك القيمة المثلى $M\ j$.

ج- خصائص النظام وتصميمه في حالة طول الطابور اللانهائي:

$$Pn = P_o \frac{(pM)^n}{n!} \quad 0 \leq n < M$$

$$Pn = P_o P^n \frac{M^M}{M!} \quad N \geq M$$ (72)

حيث

$$P_o = \frac{(1-p)\, e^{-pM}}{D_{M-1}\, (pM}$$

$$L_q = {}^{\infty}\Sigma_{m=1}\, m\, Pm + M = [\quad \frac{P\, e_M\, (pM)}{1-p\, D_{M-1}\, (pM)} \quad]$$

$$L = Lq + pM \qquad (74)$$

$$Wq = \frac{Lq}{\lambda} \qquad (75)$$

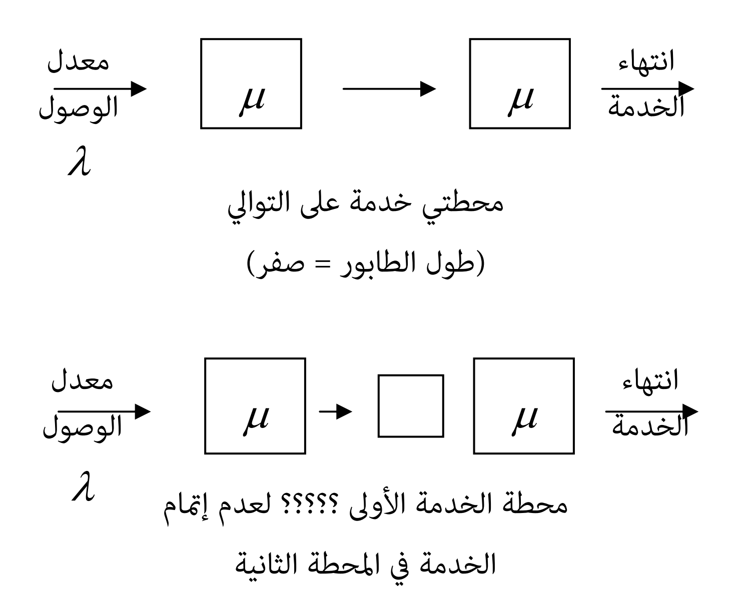
$$W = \frac{L}{\lambda} \qquad (76)$$

كذلك احتمال وجود وحدات في النظام أكبر أو يساوى N ، Q_{M+N} تعطي:

$$Q_{M+N} = {}^{\infty}\Sigma_{n=0}\, P_{M+N+n} = [\quad \frac{P^N e^{M(pM)}}{D_{M-1}(pM)} \quad] \qquad (74)$$

محطات خدمة على التوالي:

في هذا البند نتعرض لوجود أكثر من محطة خدمة متتالية بحيث أنه بعد حدوث انتهاء الخدمة في محطة تدخل الوحدة المحطة التالية ولا تعتبر الخدمة في النظام منتهية إلا بعد المرور على كل المحطات المتتالية. وسوف ندرس في هذا الصدد حالتين.



محطتي خدمة على التوالي

(طول الطابور = صفر)

محطة الخدمة الأولى ؟؟؟؟ لعدم إتمام

الخدمة في المحطة الثانية

الحالة الأولى: تصل الوحدات بمعدل وصول λ ونتبع توزيع بواسون ويوجد عدد من المحطات المتتالية i لكل منهما معدل خدمة μi - وسوف ندرس الحالة $i=2$ التي فيها معدل خدمة μ_1 ، μ_2 على الترتيب وبعد انتهاء الخدمة في المحطة الأولى يتحرك الزبون للمحطة الثانية ويمكن أن يتكون طابور أمام أي من المحطتين والشكل السابق يوضح الحالة. أن خصائص النظام في هذه الحالة تعطى كجميع خطى لمحطتي خدمة مفردتين.

أ- إذا كان عدد الزبائن لا نهائياً – وبفرض أن pi معامل استغلال المحطة I وفي حالتنا p_1 , p_2 فإن:

$$\left.\begin{aligned} \text{معامل استغلال المحطة الأولى} = p_1 &= \frac{\lambda}{\mu_1} \\ \text{معامل استغلال المحطة الثانية} = p_2 &= \frac{\lambda}{\mu_2} \end{aligned}\right\} \quad (75)$$

فتعطي خصائص النظام كما يلي:

	المحطة الأولى	المحطة الثانية	النظام الكلي
عدد الزبائن L	$\frac{P_1}{1-p_1}$	$\frac{P_2}{1-p_2}$	$\frac{P_1}{1-p_1} + \frac{P_2}{1-p_2}$
طول الطابور Lq	$\frac{P_1^2}{1-p_1}$	$\frac{P_2^2}{1-p_2}$	$\frac{P_1^2}{1-p_1} + \frac{P_2^2}{1-p_2}$

(76)

واحتمال وجود وحدات مقدار n_1 في المحطة الأولى ووحـدات مقـدارها n_3 في المحطـة الثانية يعطى: $P[n_1 , n_2]$ حيث:

$$P[n_1 , n_3 = [p_1]^{n1} \; [p_2]^{n2} \; [1-p_1] \; [1-p_2] \qquad (77)$$

ب- إذا كان العدد الأقصى للزبائن N: في حالة وجود عدد أقصى لعدد الزبائن N وبفرض أن الوصول عشوائي فبعد وصول الوحـدات N لا نتوقـع وصـول أي وحـدات مـا لم تحـدث خدمة ويصبح عدد الزبائن $N-1$ في النظام أو أقـل. وتعطـى خصـائص النظـام في هـذه الحالة بـ:

$$\left[\frac{(p_1-p_2)(1-p_1)(1-p_2)}{(p_1-p_2) -(p_1^{N+2} - p_2^{N+2}) + p_1 p_2(p_1^{N+} - p_2^{N+1})} \right] \; (78)$$

$P_{(n1, n2)} = p_1^{n1} . p_2^{n2}$ = احتمال n_1 في القناة الأولى، n_2 في القناة الثانية ويوضح

$$P_{(0,0)} = \left[\frac{(p_1-p_2)(1-p_1)(1-p_2)}{(p_1-p_2) -(p_1^{N+2} - p_2^{N+2}) + p_1 p_2(p_1^{N+} - p_2^{N+1})} \right]$$

فإن:

$$P_{(n1, n2)} = P_{(0, 0)} \, (p_1^{n1} \, p_2^{n3}) \qquad (80)$$

كذلك فإن

$$L = \left(\frac{1}{P_1 - P_2} \right) \left\{ \frac{P_1^2 \, [1 - (N+1) \, p_1^N + N \, p_1^{N+1}]}{(1-p_1)^2} \right.$$

$$- \frac{P_2^{\,2}\,[1 - (N+1)\,p_2^{\,N} + N\,p_2^{\,N+1}]}{(1-p_2)^2} \} \qquad (81)$$

الحالة الثانية: في هذه الحالة عندما تنتهي المحطة I من أداء الخدمة لا يمكن للوحدة أن تدخل المحطة $i+1$ التالية لها إلا إذا كانت خالية فإذا لم يتوفر ذلك حدث، "انسداد"، وبقيت الوحدة في المحطة I بالرغم من انتهاء خدمتها منتظرة فروغ المحطة ($i+1$). سوف نعتبر هنا أيضاً الحالة التي في المحطتين – المحطة (1) والمحطة (2) إن خصائص النظام يمكن الحصول عليها من المبادئ الأولية باستخدام معادلات الاتزان التفصيلية. وحالة النظام يجب التعبير عنها لك لمن المحطة الأولى والثانية بالاحتمالات P_{ij} حيث i في حالة القناة الأولى، j هي حالة القناة الثانية. وبالنسبة للقناة الثانية فإما أ، تكون $j = 0$ أي أن القناة خالية، أو $j = 1$ أي أن القناة أو المحطة بها وحدة. وبالنسبة للمحطة الأولى $I = 0$ إذا كانت فارغة. $I = 1$ إإ كانت مشغولة. $I = b$ إذا كانت مسدودة نتيجة عدم انتهاء الخدمة في المحطة الثانية بالرغم من انتهائها في المحطة الأولى. إن الحالة (0) يمكن الحصول عليها إما بأن يكون النظام في الحالة (01) تثم تحدثخدمة في المحطة الثانية أو كون النظام في الحالة (00) وعدم حدوث وصول أي:

$$\mu P_{01} - \lambda P_{00} = 0$$

أما الحالة (01) فتحدث بكون النظام في حالة (10) ثم انتهاء خدمته في الخطة الأولى لتبدأ في الثانية أو كون النظام في الحالة (b^{1}) ثم انتهاء الخدمة في المحطة الثانية لتدخلها الوحدة المنسدة في المحطة الأولى – أو يكون النظام ف الحالة (01) دون تغيير لعدم حدوث وصول أو خدمة أي أن:

$$\mu P_{10} + \mu P_{01} - [\mu + \lambda]\ P_{01} = 0$$

كذلك في الحالة (*10*)ت يمكن الحصول عليها بكون النظام في الحالة (*00*) ثـم حـدوث وصول كون النظام في الحالة (*11*) ثم انتهـاء خدمـة في المحطـة الثانيـة – أو كـون النظـام في الحالة (*10*) ثم عدم حدوث خدمة:

$$\lambda P_{00} + \mu P_{11} - \mu P_{10} = 0$$

والحالة (*b1*) يمكن الحصول عليهـا يكـون النظـام الحالـة (*11*) ثـم انتهـاء الخدمـة في المحطة الاولى دون المحطة الثانية – أو كون النظام في الحالة (*b1*) مع عدم حدوث خدمة في المحطة الثانية:

$$\mu P_{11} - \mu Pb_1 = 0$$

والحالة (*11*) يمكن الحصول عليها يكون النظام في الحالة (*01*) ثم وصول وحـدة – أو في الحالة (*11*)ت وعدم حدوث خدمة في المحطتين أي أن:

$$\lambda P_{01} - 2\mu P_{11} = 0$$

وبذلك يكون لدينا النظام التالي:

$$\begin{aligned}
\mu P_{01} - \lambda P_{00} &= 0 \\
\mu P_{10} + \lambda P_{01} - (\mu + \lambda) P_{01} &= 0 \\
\lambda P_{00} + \mu P_{11} - \mu P_{10} &= 0 \qquad (82) \\
\mu P_{11} - \mu Pb_1 &= 0 \\
\lambda P_{01} - 2\mu P_{11} &= 0
\end{aligned}$$

بحل النظام (*82*) السابق نحصل على:

$$P_{00} = \frac{2}{3p^2 + 4p + 2}$$

$$P_{01} = \frac{2p}{3p^2 + 4p + 2}$$

$$(83)$$

$$P_{10} = \frac{(p^2+p)}{3p^2 + 4p + 2}$$

$$Pb_{10} = p_{11} = \frac{P^2}{3p^2 + 4p + 2}$$

ويعي عدد الوجدات في النظام:

$$L = 1.\ P_{01} + 1.\ P_{10} + 2.\ (P_{11} + Pb_1)$$

$$= \frac{5p^2 + 4p}{3p^2 + 4p + 2}$$

ويعطي العدد المتوسط للمحطات المشغولة:

$$Lb = 1.\ P_{10} + 1.\ P_{10} + Pb_1 + 2P_{11} \qquad \frac{4P^3}{3p^2 + 4p + 2}$$

(85)

ومتوسط عدد الزبان المبتعدين لعدم وجودمحطات خدمة فارغة:

$$F = 1.\ P_{10} + 1.\ Pb_1 + P_{11} = \frac{3P^2}{3p^2 + 4p + 2}$$

(86)

استخدام المحاكات للتوزيعات التي لا تتبع توزيع بواسون:

في كل دراستنا السابقة كان الافتراض هو وجود إمكانية خدمة وحدوث وصولي أسى لتوزيع احتمال يتبع توزيع براسون. وقد مكن ذلك من الحصول على معادلات إتزان تفصيلية خطية الأمر الذي سهل المعالجة الرياضية فإذا أرخينا افتراض الأسية أصبح الوضع أكثر تعقيداً.

أن خطوتنا التالية هي دراسة بعض التوزيعات التي تبتعدعن افتراض الأسية السابق التقيد به – وسوف نستخدم هنا طريقة المحاكاة في التعبير عن هذه

التوزيعات – إن المقصود هنا بالمحاكة هوو ضع الترتيب الهيكلي المناسب للنظام الذي يتصرف مماثلاً للنظام قيد الدراسة – ولكن ليس معنى هذا أن تتم الخدمة مثلاً بالاسلوب الموضوع تفصيلاً لكن النظام الموضوع ككل يماثل النظام الحقيقي من حيث التصرف العام.

المحاكاة بالترتيب على التوالي. سوف ندرس هنا إمكانية محاكة الخدمة على اعتبارها مكونة من جزئين متتالين سوف نسميهم مرحتلين بحيث يتبع الاسلوب التالي:

1- وحدة واحدة يسمح بوجودها في الإمكانية.

2- هه الوحدة تدخل أولاً المرحلة الأولى والتي لها توزيع زمن خدمة أسي بمعدل خدمة 2μ.

3- عند الانتهاء من المرحلة الأولى تدخل الوحدة مباشرة المرحلة الثانية والتي لها ايضاً معدل خدمة 2μ.

4- عند الانتهاء المرحلة الثانية تخرج الوحدة من الإمكانية – وعند ذلك فققط يمكن لوحدة جديدةأن تدخل الإمكانية.

وبالرغم من أن الإمكانية من حيث ترتيبها السابق مركبة – إلا أننا نفترضها إمكانية خدمة مفردة ذلك لأنها لا تسمح إلا بوجود وحدة واحدة داخلها في نفس الوقت (في كل المراحل).

أن احتمال انتهاء الخدمة في المرحلة الأولى بين $x + dx, x$ بعد دخول الوحدة في إمكانية الخدمة تعطي بـ $2\mu e^{-2\mu x}dx$ واحتمال أن تبدأ المرحلة الثانية في x وتنتهي من الخدمة بين $t—x$، x – $(t + dt)$ تعطي: $2\mu e^{-2\mu(t-x)dt}$ وبذلك يكون احتمال انتهاء الخدمة في المرحلتين يعطي:

$$s(t) = 4\mu^2 dt \, {}_0\!\int e^{-2\mu(t-x+x)}dx$$

$$= 2\mu(2\mu t)e^{-2\mu t}dt \qquad (87)$$

ويكون للتوزيع الأساسي لزمن الخدمة هو:

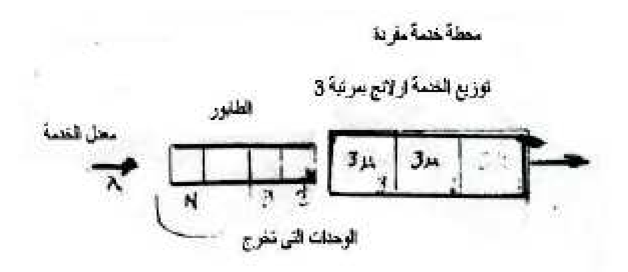
$$s(t) = {}_{t}\int s(t)dt = {}_{2\mu}\int ye^{-y}dy$$

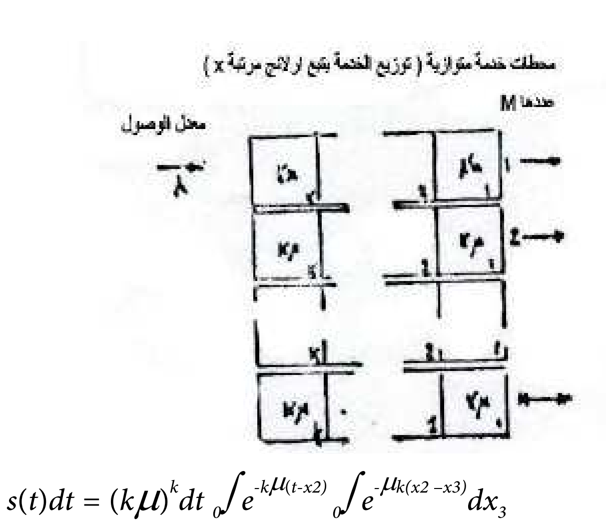
$$= (1 + 2\mu t)e^{-2\mu_t} \qquad (88)$$

إن العلاقة (*88*) توضح أن الإمكانية في الواقع هي محطة خدم مفردة بزمن خدمة متوسطة Ts يعطى بالعلاقة:

$$Ts = {}_{0}\int (1+2\mu t)e^{-2\mu_t}dt = 1/\mu \qquad (89)$$

فإذا كان لدينا عدد من المراحل المتتالية k فإن:





$$s(t)dt = (k\mu)^{k}dt \; {}_{0}\int e^{-k\mu(t-x2)} \; {}_{0}\int e^{-\mu k(x2-x3)}dx_3$$

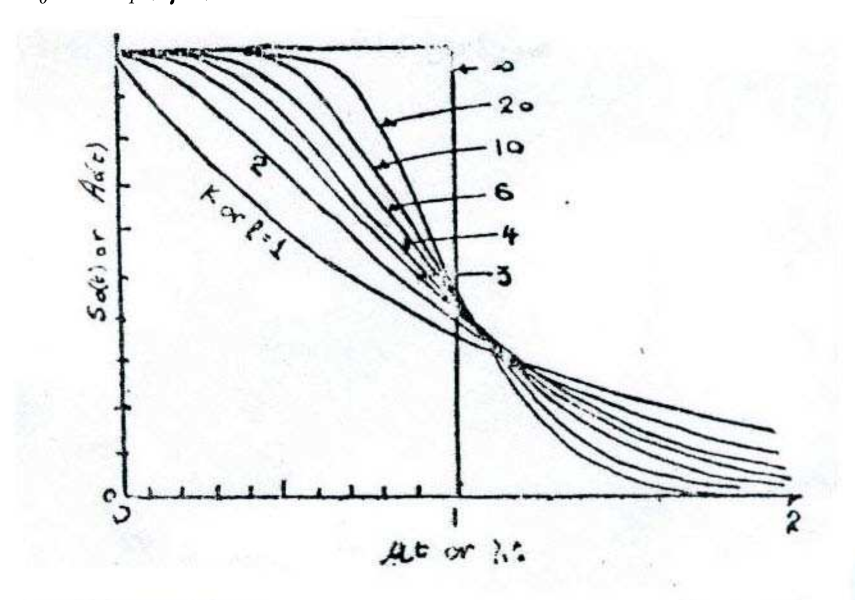
$$........... {}_0\int e^{-k\mu(xk-1-xk+xk)}dxk$$

$$= (k\mu t)^{k-1}\ [e^{-k\mu_t} / (k-1)1-k\mu\ dt$$

$$s_0(t) = e^{-k\mu_t} \sum (k\mu t)^n/n1 \qquad (89)$$

وحسب تعريف الدالة E فإن

$$S_0 = EK_{-1}\ (k\mu t)$$



إن التوزيع السابق المعبر عنه في (*90*) هو توزيع إيرلانج وهو عبارة عن عائلة من المنحنياتتبدأ بالمنحنى الأسي عند $k = 1$ ت وتنتهي بالمنحنى الدرجي عند $k = \infty$ وشكل (V)ت يبين هذه المجموعتة من المنحنيات. إن زمن الخدمة Ts لها النظام يعطي:

$$Ts \quad \frac{1}{\mu}$$

والانحراف المعياري (*91*)

$${}_OTs = \frac{1}{\mu}\ k$$

وينطبق نفس المفهوم السابق على عمليات وصول الوحدات فإذا افترضنا وجود مستودع إمدادج يحتوي عدد لا نهائي من الوحدات - ت ولكي تصل هذه الوحدات يلزمها أن تمر على قناة وصول تزامنية تتسلم هذه الوحدات ثم تطلقها لمحطات الخدمة لتأخذ وحدة أخرى من مستودع الإمداد هذا حالما تتركها الوحدة لمحطات الخدمة وهكذا. فإذا كان للقناة التزامنية زمن إمساك بتوزيع احتمالي أسي بمعدل λ فإن المخرج من هه القناة يتبع في توزيعه الاحتمالي توزيع براسون. إذا كان لهذه القناةت مرحلتين على التوالي كل منهما له توزيع احتمالي بمعدل 2λ بحيث أنه عند ترك الوحدة المرحلة الأولى تدخل الثانية ولا يمكن أن تدخل أي وحدة القناة المتزامنة إلا بعد أنهاء الوحدة السابقة لها من جميع مراحلها فإن:

$$a(t) = 2\lambda(2\lambda_t)e^{-2\lambda_t}dt$$

$$A_o(t) = (1 + 2\lambda_t)e^{-2\lambda_t} \qquad (92)$$

$$U_o(t) = (1 + \lambda_t)e^{-2\lambda_t}$$

وهي توزيعات أقل عشوائية من توزيع بواسون. إذا كان عدد المراحل I على التوالي فإن:

$$a(t) = (i\lambda)(i\lambda t)^{i-1} \left(\frac{e^{-i\lambda_t}}{i-1i} \right)$$

$$A_o(t) = e^{-t\lambda_t} \sum \frac{(i\lambda t)^n}{i-1i} = E\, i-_1(i\lambda t)$$

$$U_0(t) = e^{-i\lambda_t} \sum (1- \frac{n}{i}) \frac{(i\lambda t)^n}{n\, i} = D_{i(1(i\lambda_t)}$$

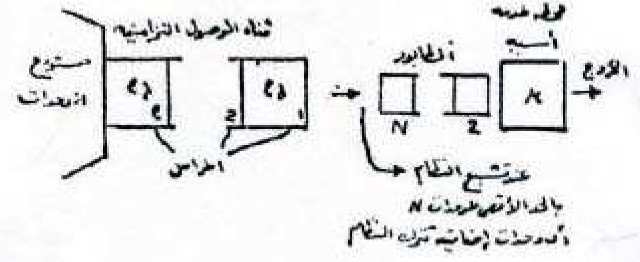
$$A_n(t) = e^{-i\lambda_t} \sum \frac{(i\lambda t)^{s+ni}}{s + n1+i}$$

$$U_n(t) = e^{-i\lambda_t} \sum (1- \frac{n}{i}) \frac{(i\lambda t)^{nt-s}}{(ni-s)l}$$

$$+ \frac{(1- \frac{s+t}{t})(i\lambda t)^{nt+s+1}}{(ni+s+1)\, i}$$

(93)

$T_a = 1/\lambda, \qquad O_{Ta} = 1/\lambda \quad t$



2- تأثير التوزيعات الغير بواسونية على خصائص النظام:

لإظهار أثر توزيع إيرلانج على خصائص النظام سوف تأخذ حالة غاية في التبسيط تصل فيها الوحدات بتوزيعبواسون فيما تتم الخدمة بمراحل k في قناة الخدمة المفردة – كما لا يمسح بوجود طابور.

وتعطي معادلات الاتزان التفصيلية:

$$k\mu P_t - \lambda P_o = 0$$

$$k\mu P_n + 1 - k\mu P_n = 0 \qquad (94)$$

$$\lambda P_o - k\mu Pk = 0$$

حيث P_n تدل على احتمال وجود وحدة في المرحلة n لقناة الخدمة المفردة وبحل النظام (94) نحصل على:

احتمال وجود محطة الخدمة خالية $= P_o = \frac{1}{1+p}$

$$P_1 = P_2 = \ldots\ldots = Pk = \frac{P}{K(1+p)} \qquad (95)$$

$\frac{P}{1+p}$ $\sum Pn$ احتمال وجود وحدة في إمكانية الخدمة

فإذا أخذنا الحالة التي فيها إمكانية الخدمة مفردة وأسية أي الوصول يأتي من قناة تزامنية بمراحل، ويتبع توزيع إرلانج من المرتبة i – وللبساطة اعتبرنا حالة عدم وجود طابور فإنه يمكن التعبير عن حالة النظام بواسطة مدلولين (i,j) المدلول الأول يأخذ القيمة $i = 1, 2, \ldots, I$ ويدل على المرحلة التي توجد فيها الوحدة التالية مباشرة للوحدة التي في الخدمة – بينما يأخ المدلول j القيم $(0,1)$ معيناً إذا كانت محطة الخدمة فارغة أو مشغولة – كما يفترض أن المستودع الي تأتي منه الوحدات إلى قناة التزامن ممتلئ باستمرار.

وباستخدام المبادئ الأولية لمعادلات الإتزان التفصيلية نجد ما يلي:

أن الحالة $(s,0)$ يمكن الحصول عليها من الحالة $(s+1,0)$ بانتهاء مرحلة في قناة الوصول التزامنية بمعدل $i\lambda$ أي نحصل عليها من الحالة (s,t) بإتمام خدمة بمعدل μ أي نحصل عليها من الحالة $(s,0)$ بعدم إتمام مرحلة الوصول. أي

$$t\lambda\, P(s+1,0) + \mu\, p(s,1) - t\lambda\, p(s,0) = 0$$

والحالة $(1,0)$ يمكن أن تتحول إلى $((t\text{-}1),0)$ بمعدل $t\lambda$ كذلك فإن $(i,1)$ تتحول إلى $(t,0)$ بمعدل μ - ولا توجد حالة $(t+1,0)$ – إن الحالة $(1,0)$ لا تتحول إلى $(t,0)$ بل إلى $(t,1)$ أي أن:

$$\mu\, P(t,1) - t\lambda\, P(t,0) = 0$$

والحالتين السابقتين يوصفوا جميع أ؛وال محطة الخدمة الفارغة $(j = 0)$ فإذا انتقلنا إلى حالة محطة الخدمة المشغولة $j = 1$ فإن:

الحالة ($s,1$) تتحول إلى ($s,0$) بمعدل μ كما تتحول الحالة ($s-1,1$) إلى ($s,1$) بمعدل ($t\lambda$) وتتحول إلى الحالة ($s+1,1$) إلى ($s,1$) بمعدل $t\lambda$

$$t\lambda\, P(s+1,1) - (\mu + t\lambda)\, P(s,1) = 0$$

وعندما $s = 1$ فالحالة ($1,1$) أما تتحول إلى الحالة ($1,0$) أو إلى ($t,1$) وتكون معادلة الإتزان:

$$t\lambda(p1,0) + t\lambda\, p(1,1) - (\mu+1)\, P(t,1) = 0$$

ومن ثم يكون لدينا النظام التالي:

$$T\lambda\, P(s+1,0) + \mu\, p(s,1) - t\lambda\, p(s,0) = 0$$
$$\mu\, P(t,1) - t\lambda\, P(t,0) = 0 \qquad (96)$$
$$t\lambda\, P(s+1,1) - (\mu + t\lambda)\, P(s,1) = 0$$
$$t\lambda(p1,0) + t\lambda\, p(1,1) - (\mu+1)\, P(t,1) = 0$$

بحل مجموعة المعادلات (96) نحصل على:

$$P(s,1) = \left(1 + \frac{\mu}{t\lambda}\right)^{s-1} p(1,1)$$

$$P(s,0) = \left[\left(1+ \frac{\mu}{t\lambda}\right)^{t} - \left(1+ \frac{\mu}{t\lambda}\right)^{s-1} p(1,1)\right.$$

وتتحدد $p(1,1)$ بشروط مجموع الاحتمالات التي عددها $2t$ يساوي الواحد الصحيح أي:

احتمال وجود محطة الخدمة مشغولة P_B

$$P_B = \sum P(s,1)$$

$$= \sum \left[1+ \frac{\mu}{t\lambda}\right]^{n} p(1,1) = \frac{(1+\mu/t\lambda)^{t}}{(\mu/t\lambda)} P(1,1) \qquad (97)$$

احتمال وجود محطة الخدمة فارغة P_E:

$$P_E = \sum P(s,0) = p(1,1)[(1- \frac{t\lambda}{\mu})(1+ \frac{\mu}{t\lambda})^t + \frac{t\lambda}{\mu}]$$

(98)

$$1 = P_B + P_E \qquad (99)$$

ومنها:

$$P(1,1)= \frac{1}{t(1+ \frac{\mu}{t\lambda})^t}$$

(100)

6- تنظيم الأولويات في صفوف الانتظار:

في الحالات السابقة كان الافتراض هو أبسط قواعد التنظيم لصفوف الانتظار وهو أولية الخدمة بأسبقية الوصول – وفي بعض الأحيان لا يمكنا تطبيق هذا المبدأ البسيط ولكن يقتضي الأمر إما اختيار الوحدات عشوائياً من مجموع المنتظرين دون النظر لأسبقية الوصول أو وضع سياسات لأولوية بعض الوحدات بحيث تخدم باستمرار قبل وحدات أخرى.

أن نقطة البداية هي كما سبق وأشرنا هي الحصول على معادلات الإتزان التفصيلية مع إدخال اعتبارات الأولويات – ونظراً لأن المعادلات الرياضية في هذه الحالة تصل لدرجة كبيرة من التعقيد سوف نكر هنا النتائج فقط.

أ- الاختيار العشوائي للوحدات:

في هذا النوع من تنظيم صفوف الانتظار يتم اختيار الوحدة التي تدخل محطة الخدمة عشوائياً – وسوف ندرس الحالة البسيطة لمحطة خدمة مفردة أسية بمعدل خدمة علتى وصول أسي بمعدل λ.

فإذا توفرت الشروط التالية:

1- جميع الوحدات التي تصل تظل في الطابور حتى تتم خدمتها.
2- توزيعات الخدمة الاحتمالية لا تتغير.
3- يجب على محطة الخدمة الانتهاء من خدمة العميل قبل بدأ الخدمة لعميل آخر.
4- تسمح محطة الخدمة بدخول وحدة معينة بمجرد انتهاء خدمة الوحدة السابقة مباشرة.

أمكن إثبات أن خصائص النظام من حيث احتمالات وجود عدد n من الوحدات أو متوسط عدد الوحدات في النظام لا يتغير أي في:

$$P_o = (t - p)$$

$$P_n = (1\text{-}p)_p^{\ n}$$

$$L = \frac{P}{1 - p} \qquad (101)$$

$$L_q = \frac{P_2}{1 - p}$$

$$W_q = \frac{P}{\mu(1 - p)} = \frac{L_q}{\lambda}$$

إن التغير الوحيد الذي يحدث هو احتمال أن تبقت الوحدة من t بعد التحاقها بالطابور.

$$Q(t) = 1 + \mu t\left(\frac{1\text{-}p}{P}\right) 1n(1\text{-}p) + (\mu t)\ 2\ (1\text{-}p)$$

$$\left[1 + \frac{1\text{-}p}{2P} Ln(1\text{-}p)\right] \qquad (102)$$

Ln =10 لوغاريتم الأساس

المعادلة (102) يمكن تقريبها لقيم $p < 0.7$ على الصورة

$$Q(t) = 1/2\ \alpha\ e^{-\alpha(1-p)\mu t} + 1/2 \beta\ e^{-\beta(1-p)\mu t}$$

$$\alpha = 1 + \ 1/2\ p \qquad (103)$$

$$\beta = 1 - \ 1/2\ p$$

لاحظ الفرق بين التعبير الرياضي في (103) وبين الحالة التي تكون فيها أولوية الخدمة بأسبقية الوصول والتي فيها.

$$Q(t) = e^{-(1-p)\ \mu t}$$

تنظيم الاولويات بتقسيم الوحدات إلى وحدات ذات أولوية أولى وأولوية ثانية.

في هذا النوع من تنظيم صفوف الانتظار يفترض أن جزء من الزبائن α له حق في خدمة أسبق من الجزء الآخر $(1-\alpha)$ والوحدات من النوع الأول يرمز لها بالرمز (1) وتسعى وحدات ات أولوية أولى والوحدات من النوع الثاني ورمز لها بالرمز (2) وتسعى وحدات ذات أولوية ثانية – ويمكنا الحصول على النتائج التالية:

$$L_1 = \alpha p \frac{(1 + p - \alpha p)}{1 - p\ \alpha}$$

$$Lq_1 = \frac{\alpha p^2}{1 - p\ \alpha}$$ خصائص الوحدات ذات الأولوية الاولى (104)

$$Wq_1 \frac{\lambda}{\mu(\mu - \alpha\lambda)}$$

$$L_2 = (1-\alpha)\ p \frac{1-\alpha p + \alpha p^2}{(1-p)(1-\alpha p)}$$

$$Lq_2 = \frac{(1-\alpha)\,p^2}{(1-p)(1-\alpha p)}$$ خصائص الوحدات ذات الأولوية الثانية (105)

$$Wq_2 \quad \frac{\lambda}{(\mu - \lambda)(\mu - \alpha\lambda)}$$

$$L = L_1 + = \frac{p}{1-p}$$

خصائص النظام الكلي

$$L_q = L - p$$

$$P_o = (1 - p) \qquad (106)$$

$$P_n = (1 - p)p^n$$

ومن المهم أن نلاحظ ما يلي:

1- خصائص النظام الكلي لم تتغير.

2- إنه باستمرار $Wq_2 > Wq_2$ وهو الأمر المتوقع من نظام الأولويات وعندما تقترب λ من μ يزداد عدد الوحدات في الطابور ذات الأولوية الثانية إلى حد لا نهائي بينما دائماً عـدد الوحدات ذات الأولوية الأولى محدود.

3- مما جدير بالذكر أن الزمن المتوسط لانتظار الوحدات ذات الأولوية الأولى.

$$Wq_1 = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \alpha\lambda)} \qquad (107)$$

يزيد عن مثيله في حالة عدم وجـود الوحـدات ذات الأسـبقية الثانيـة – لأنـه في حالـة عدم وجود الوحدات ذات الأولوية الثانية وبالتعويض عن λ $\alpha\lambda$ كمعدل وصول للوحدات من النوع الأول فإن:

$$Wq_1 = \frac{\alpha\lambda}{\mu(\mu - \alpha\lambda)} \qquad (108)$$

وسبب ذلك هو أن الوحدات ذات الأولوية الأولى يلزمها أن تنتظر بعض الوحدات ذات الأولوية الثانية والموجودة داخل قناة الخدمة فعلاً. والوضع الوحيد الذي تصبح فيه Wq_1 تعطى بالمعادلة (*108*) مع وجود وحدات ذات أسبقية ثانية هو أن تكون لوحدات الأسبقية الأولى قدرة تفريغ محطة الخدمة المشغولة بالوحدات ذات الأسبقية الثانية لتحل محلها إلا أن هذا الوضع يؤدي إلى تعقيدات أخرى لا داعي للدخول فيها.

دراسة نظام صفوف الانتظار في حالة الانتقالية:

عند حصولنا على معادلة النظام والتي أسميناها بمعادلات الاتزان التفصيلية أخذنا حالة النظام المستقرة والتي فيها $dpn/dt=0$ – وللحصول على حالة النظام الانتقالية يلزمنا حل المعادلات التفاضلية للنظام عندما $dpn/dt \neq 0$ - وفي بعض الأحيان تصل المعادلات إلى درجة عالية من التعقيد. ولإعطاء القارئ فكرة عن كيفية الحصول على حالة النظام الانتقالية سوف نشرح أبسط الحالات والتي فيها محطة خدمة مفردة وأسية ولا يسمح فيها بوجود طابور – وتعطي معادلتها التفاضلية كما يلي:

$$\frac{dP_o}{dt} = \mu P_1 - \mu P_o$$

(*109*)

$$\frac{dP_t}{dt} = \mu P_o - \mu P_t$$

افترض حل لهذه المعادلات على الصورة

$$Pn = Bn_o + Bn_1 e^{-\delta_t}$$

وعندما $n = 0$

$$P_o = B_{oo} + B_{01} e^{-\delta_t} \qquad (110)$$

وعندما $n = 1$

$$P_1 = B_{1o} + B_{11}e^{-\delta_t} \qquad (111)$$

وبالتعويض في (*109*) بالقيم في (110)، (111) نحصل على:

$$\mu B_{11} + (\delta - \mu)\, B_{01} = 0$$

$$(112)$$

$$\lambda B_{01} + (\delta - \mu)\, B_{11} = 0$$

وحيث أن B_{oo}، B_{11} في (110)، (111) هي في الواقع الأجزاء التي لا تعتمد على الزمن فهي بالتالي تكون الاحتمالات في الحالة المستقرة للنظام. أي أن في الحالة المستقرة يكون:

$$P_o = B_{oo}$$

$$P_1 = B_{10}$$

ولمعرفتنا المسبقة أن $P_1 = P_{p0}$ فإن

$$B_{10} = pB_{00}$$

وحل المعادلات (112) يعطي $\lambda\mu = (\delta - \mu)\,(\delta - \lambda)$

ومنها $(\lambda + \mu) = \delta$ أي أن $B_{11} = -\,B_{01}$

ونحصل على

$$P_0(t) = \left(\frac{1}{1+p}\right) + B_{0t}\, e^{-(\lambda+\mu)t}$$

$$(113)$$

$$P_1(t) = \left(\frac{p}{1+p}\right) - B_{0t}\, e^{-(\lambda+\mu)t}$$

لاحظ أن $P_o + P_1 = 1$ في أي فترة زمنية وهو باستمرار الوضع في الحالة الانتقالية فإنه إذا كان

$$P_n = P_{ns} + P_{nt}$$

حيث P_{ns} = الاحتمالات المستقرة

P_{nt} = الاحتمالات الانتقالية

فإن:

$\Sigma P_{ns} = 1$

وفي أي فترة زمنية $\Sigma P_{nt} = 0$ (114)

وفي حالتنا

$$P_o+P_1 = \frac{1}{1+p} + \frac{P}{1+p} + B_{01}\, e^{-(\lambda+\mu)t} - B_{01}\, e^{-(\lambda+\mu)t} = 1 + 0$$

إن الثابت B_{01} في المعادلات (113) يحدد من الحالـة الابتدائيـة فـإن كـان عنـد بدايـة النظام $P_o = 1$ ، $P_t = 0$ فبالتعويض نحصل على:

$$P_o(t) = \frac{[\, \mu + \lambda\, e^{-(\lambda+\mu)t}\,]}{(\lambda + \mu)}$$

(115)

$$P_1(t) = \lambda\, [1 - e^{-(\lambda + \mu)t}\,] \,/\, (\lambda + \mu)$$

أن الزمن الذي بمعدل يؤول الجزء الانتقالي $e^{-(\lambda + \mu)t}$ إلى $1/e$ هو عند:

$$t = \left(\frac{1}{\lambda + \mu} \right)$$

ويسمى هذا الزمن بزمن الاسترخاء للنظام.

$$t = \frac{2T_a\, T_s}{T_a + T_s}$$

تطبيق نظرية صفوف الانتظار في الصيانة:

إن عمليات الصيانة للمعـدات مـن التطبيقـات الأساسـية في نظريـة صـفوف الانتظـار وأهم ما يميز نظام الصيانة ما يلي:

1- أن هناك إمكانية للصـيانة الوقائيـة وبالتـالي فمـن الممكـن تقليـل عـدم انتظـام وصول الأعطال بتخطيط الصيانة قبل حدوث الأعطال.

2- عدد الماكينات المتواجد يكون محدوداً ومن ثم لا يمكن افتراض مجتمع لا نهائي من الوحدات وبالتالي فإن وصول وحدة يؤثر على احتمال وصول الوحدات الأخرى.

وبوضع الملاحظتين السابقتين في الاعتبار يمكنا استحداث خصائص نظام الصيانة بالطرق التقليدية السابقة لمعالجة مسائل صفوف الانتظار.

صيانة مجموعة من الماكينات بفريق صيانة مفرد (وحيد):

سوف نفترض أن عدد الماكينات المتواجد مقداره K – وأن التوزيع الاحتمالي لوصول الوحدات أسي ومتوسط زمن الوصول T_a وأن التوزيع الاحتمال للخدمة أسي ومعدل الخدمة μ - أن متوسط زمن الوصول في حالتنا يعطي بـ

$$T_a = \frac{K}{\lambda}$$

فإذا كان لدينا عدد من الماكينات $K - n$ تحت التشغيل بينما عدد n معطل (إما في الإصلاح أو منتظر في طابور الانتظار) فإن المعدل الذي تصل به باقي الماكينات هو $(K - n)\lambda/K$ وهذا هو الاختلاف الوحيد بين الحالة قيد الدراسة والحالات الأخرى التي فيها مجتمع الوصول لا نهائي – وباستخدام الطريقة الكلاسيكية لعادلات الاتزان التفصيلية فإنه:

$$(n = 0)\ \mu P_1 - \lambda P_o = 0$$

$$\mu P_n + 1 + \frac{(K - n + 1)\lambda}{K} P_n - 1 - [\mu + \frac{(k - n)\lambda}{K}]\ P_n = 0$$

$$n = K \qquad \lambda/K\ PK\ 1 - \mu\ PK = 0 \qquad (116)$$

ويعطى حل النظام كما يلي: بوضع..

$$\frac{T_a}{T_s} = x = \frac{K\mu}{\lambda}$$

فإن

$$\text{احتمال وجود } n \text{ من الوحدات} = P_n = \left[\frac{x^{k-n}\ e^{-p}}{K-n!} \right] E\,k\,(x) \qquad (117)$$

$$\text{العدد المتوقع للوحدات في النظام} = L = \frac{K\,D_{K-1}\,(x)}{E\,K\,(x)} \qquad (118)$$

فإذا أردنا تصمم نظام يحقق أقل تكلفة ممكنة ويـوازن بـين تكلفـة الإصـلاح وتكلفـة تعطيل الماكينة فالمطلوب جعل:

$$Z = r(K - L) - C_{\mu}\,\mu \qquad (119)$$

أقل ما يمكن

وبالتعويض عن $(K - L)$ من (118)

$\mu = x/T_a$ ، ومفاضلة المقدار (119) بالنسبة لـ x ومساواة الناتج بالصفر فإن:

ويعطي احتمال حدوث هذه الدورة $A_e(Tp)$ وهـو احـتمال أن تعمـل الماكينـة طـوال الفترة Tp دون أعطال.

ونظراً لأن الدورة الزمنية في هـذه الحالـة تعطـى بــ $Tp + Tm$ وهـي مجمـوع زمـن التشغيل والإصلاح فإن نسبة تشغيل الماكينة في هذه الحالة تعطى بـ

$$\left(\frac{Tp}{Tp + Tm} \right)$$

وفي الحالـــة الأخـــرى الغـــير عاديـــة تـــنكسر الماكينـــة قبـــل (Tp) بـــاحتمال $[1-A_e(Tp)]$ وبزمن Tp يمكن حسابه من:

$$Tb = [1- A_o(Tp)]^{-1} \int_0^{Tp} t(t)\ dt \qquad (125)$$

$$= [1- A_o(Tp)]^{-1} \int_0^{Tp} \{A_o\ dt - [t\ A_o]^{Tp}_{0} \}$$

$$Tb = \{ Ta - Ta\ U_o\ (Tp) - Tp\ A_o\ (Tp) \} \left\{ \frac{1}{[1 - A_o(Tp)]} \right\} \qquad (126)$$

حيث:

$$Ta = \int_0^{\infty} A_o(x)\, dx$$

$$U_o(t) = \frac{1}{Ta} \int_0^{\infty} A_o(x)\, dx$$

أن طول الـدورة T المتوسـط يعطـي بطـول الـدورة العاديـة $(Tp + Tm)$ مضروبـاً في احتمال حدوث الدورة العاديـة $A_o(Tp)$ مضـافاً إليـه طـول الـدورة الغـير عاديـة $(Tb + Ts)$ مضروباً في احتمال حدوث هذه الدورة $[1 - A_o(Tp)]$ أي أن:

$$T = (Tp + Tm)\, A_o(Tp) + (Tb + Ts)\, [1 - A_o(Tp)]$$

$$T = Ta \{ 1 - U_o + \alpha A_o(Tp) + \beta - \beta A_o(Tp) \} \qquad (127)$$

$$\alpha = \frac{Tm}{Ta}$$

$$\beta = \frac{Ts}{Ta}$$

وبذلك يمكن حساب النسـبة الزمنيـة لتشـغيل الماكينـة Fw، النسـبة الزمنيـة للصـيانة الوقائية F_P والنسبة الزمنية للإصلاح بعد الكسر Fs من:

$$Fw = [1 + \alpha \frac{A_o}{1 - U_o} + \beta \frac{1 - A_o}{1 - U_o}] \qquad (128)$$

$$Fp = \alpha \frac{A_o}{1 - A_o} Fw \qquad (129)$$

$$Fs = \beta \frac{(1-A_o)}{1 - U_o} Fw \qquad (130)$$

وتعطي الدوال $U.$، A_o في هذه الحالة للقيم $y = (Tp/Ta)$

وتعد القيم α, β, y قيم أو بارامترات مخططة لنظام الصـيانة، نـتج عنهـا القيم Fs, Fp, Fw السابق ذكرها والتـي يمكـن اعتبارهـا في حالتنـا هـذه خصـائص نظام الصيانة الوقائية التي يصمم عليهم نظام الصـيانة الوقائيـة. بفـرض أن قيمـة

إنتاج الماكينة لوحدة الزمن C_p،n تكلفة الصيانة الوقائية، C_s تكلفة إلاح العطل فإن الدخل Z يعطى بـ

$$Z = R\,\alpha\,(R + Cp)\;\frac{A_o(Tp)}{1 - U_o(Tp)} - \beta(R + Cs)\;\frac{(1 - A_oTp)}{1 - U_o\,(Tp)}$$

(131)

وبمفاضلة هذا المقدار بالنسبة لـ y حيث

وحيث $y = Tp/Ta$

$$\frac{dA_o}{dy_d} - \frac{1}{\lambda}\;A\,(Tp)\,,\quad \frac{dU_o}{dy} = - A_o(Tp)$$

فإن أفضل نظام للصيانة الوقائية هو الذي يحقق المعادلة: $Ta = 1/\lambda$

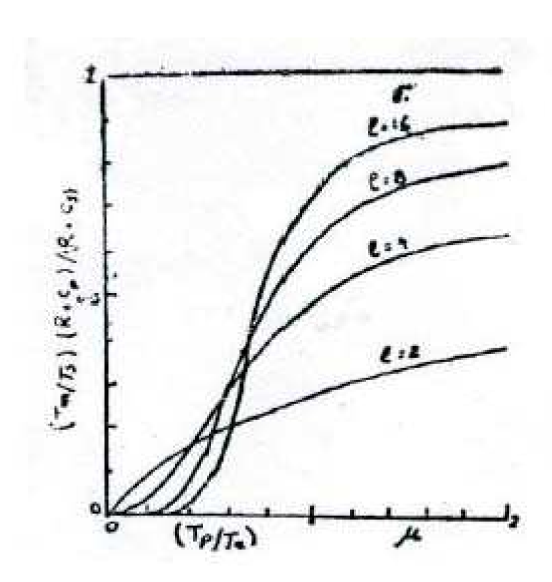
$$\frac{(R + Cp)\;Tm}{(R + Cs)\;Ts} = \left[\;\frac{(a/\lambda)\;(1 - U_o) - A_o}{(a/\lambda)\;(1 - U_o) + A_o}\;\right] \qquad (132)$$

حيث قيم الدوال a, U_o, A_o تعطي لقيمة (y)

أن المعادلة (132) ليس لها حل عندما يكون توزيع الوصول أسي $(I =1)$ أما إذا كانت $I > 1$ أي توزيع أيرلانج مع وجود قناة تزامنية فإنه يمكن تحديد القيمة المثلى لـ y.

ومعنى هذا أنه عندما يكون الوصول أسي لأعطال الماكينة فإما الصيانة الوقائية أو الصيانة بعد حدوث العطل يمكن أن تصل كاستراتيجية للصيانة.

والشكل التالي يبين مجموعة المنحنيات للمعادلة (132) لقيمة $I > 1$ والتي تستخدم مباشرة في تحديد y.



كيف ندرس مسألة صفوف الانتظار:

في بداية هذا الباب أوضحنا أن مسألة صفوف الانتظار رغم شيوعها في ميادين شتى إلا أنه يجب علينا أن نحدد نوعيتها قبل بدأ الدراسة – وقد تطرقنا في هذا الباب إلى مواضيع شتى من حيث التوزيعات الاحتمالية ونوعية محطات الخدمة وترتيبها – والقيود الموضوعة على الطابور وتنظيم الأوليات وفي كل حالة استنبطنا خصائص النظام ثم استخدمنا مقياس كفاءة في تحديد القي المثلى للمتغيرات التي يختارها متخذ القرار.

لذلك فعندما نواجه بمسألة تدفق تتبع نماذج صفوف الانتظار فإننا نتبع نفس الخطوات التي ذكرناها في مقدمة هذا الباب.

أولاً: تحدد نوعية التوزيع الاحتمال لكل من الوصول والخدمة بتحديد هل هو توزيع أسي أم يتبع توزيع إيرلانج وبأي مرتبة.

الفصل العاشر

شبكات الأعمال

الفصل العاشر

شبكات الأعمال

مقدمة:

كلمة *PERT* هي اختصار *Program Evaluation and Review Techniques* أي الأسلوب العلمي لتقييم برنامج الخطط ومراجعته.

قبل ظهور هذا الأسلوب كان أسلوب جانت (*GANTT*) وأسلوب الأعمدة البيانية (*BARS*) من أفضل الأساليب الموجودة للتخطيط، ولكنها قاصرة عن توضيح العلاقات بين الأنشطة المختلفة ومدى ترابط أنشطة المشروع، وقد لا يكون من العسير على المخطط تذكرها في المشاريع الصغيرة، ولكن في المشاريع الكبيرة فإنه يستحيل ذلك.

بدأ ظهور أسلوب *PERT* عام 1958 في الولايات المتحدة وقام بتطويره العالم الأمريكي كلارك (*Clark*)، وسرعان ما انتشرت استخداماته في كافة المشاريع وأدت لانخفاض الخطة الخمسية في الولايات المتحدة لإنتاج وتطوير الصواريخ بولاريس إلى ثلاث سنوات ونصف. وقد ساعد انتشار الأجهزة الإلكترونية (*Computer*) على التوسع في استخدام هذا الأسلوب في عديد من المشاريع الهامة كصناعة الصواريخ والطائرات والسفن وبناء الكباري والمشاريع البترولية والكهربية، كما يستخدم في تخطيط الأعمال ووضع البرامج الزمنية للتشغيل ومراقبة وتنفيذ الخطة في المجالات الآتية:

1- الإنتاج
2- الأعمال التجارية
3- الصيانة
4- المشروعات العامة

ولا يزال المجال مفتوحاً لاستخدامات أخرى عديدة في المستقبل.

مميزات استخدام أسلوب *PERT*:

1- توضيح الأعمال الجزئية والفرعية للمشروع، كما يوضح تتابع هذه الأعمال ومدى ارتباطها.

2- تحديد أقل وقت ممكن لتنفيذ المشروع.

3- يوضح الأنشطة التي تقع على المسار الحرج والتي تحتاج لاهتمام وتركيز خاص.

4- يعطي البدائل المختلفة من الزمن والتكاليف اللازمة لتنفيذ المشروع.

5- معرفة المصادر وتحديد الطاقات التي تستخدم في تنفيذ الخطة.

6- متابعة تنفيذ الخطة.

ويشتمل هذا الأسلوب على ثلاثة أوجه أساسية هي:

أ- التخطيط.

ب- التحليل ووضع البرنامج الزمني للتشغيل.

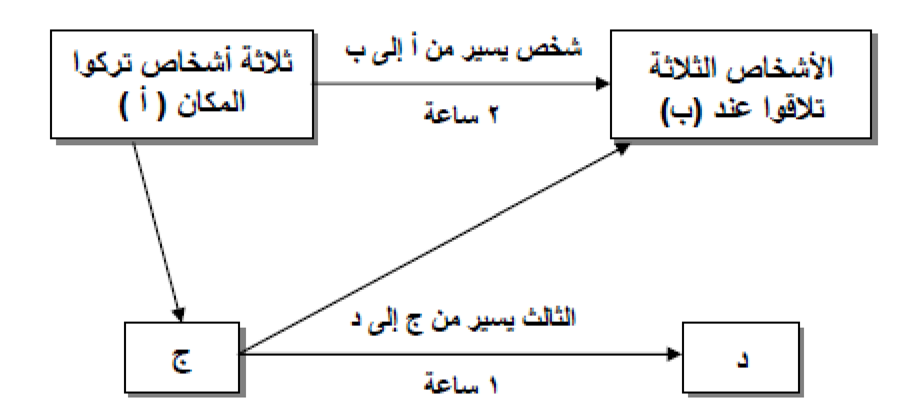
ج- مراقبة تنفيذ الخطة.

في الواقع فإن الأوجه الثلاثة مرتبطة ببعضها البعض بل ومكملة لها، فإن تحليل الخطة أثناء المراحل المختلفة للتنفيذ يجب أن يتبع التخطيط الأولي للمشروع.

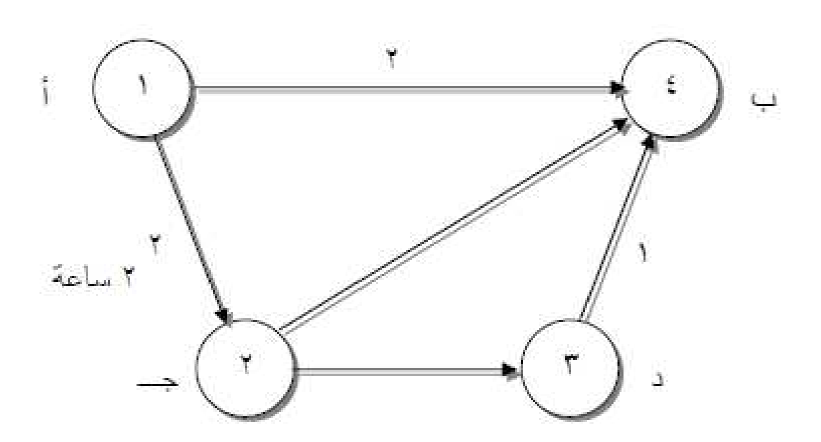
1- التخطيط:

هو تمثيل خطة المشروع بشكل يتكون من دوائر تمثل الأحداث، وأسهم تمثل الأنشطة المكونة للمشروع والتي تصل بين الأحداث فإذا فرضنا أن ثلاثة أشخاص تركوا المكان (أ) ليتجمعوا في المكان (ب) فسار أحدهما مباشرة من (أ) إلى (ب) والاثنان الآخرن توجهوا إلى المكان (ج) ومنه توجه أحدهما إلى (ب) والآخر إلى (د) ومنها إلى (ب) وكان الزمن الذي استغرقه الأول للانتقال من (أ) إلى (ب) هو 2 ساعة والزمن الذي استغرقه كلا منهم للانتقال من (أ) إلى (ج) هو 2 ساعة والزمن

الذي استغرقه الثاني للانتقال من (ج) إلى (ب) هـو 2 سـاعة والـزمن الـذي اسـتغرقه الثالـث للانتقال من (ج) إلى (د) هو 1 ساعة ومن (د) إلى (ب) هـو 1 سـاعة أيضـاً. كـما موضـح في الشكل التالي:



ويمكن تبسيط الشكل السابق كالآتي ويسمى بشبكة الأعمال:



حيث:

الحدث (1) يمثل ترك المكان أ

الحدث (2) يمثل ترك المكان جـ

الحدث (3) يمثل ترك المكان د

الحدث (4) يمثل الوصول للمكان ب

والنشاط 1-2 يمثل الانتقال من أ إلى جـ ويستغرق 2 ساعة

والنشاط 2-3 يمثل الانتقال من جـ إلى د ويستغرق 1 ساعة

والنشاط 1-4 يمثل الانتقال من أ إلى ب ويستغرق 2 ساعة

والنشاط 3-4 يمثل الانتقال من د إلى ب ويستغرق 1 ساعة

والنشاط 2-4 يمثل الانتقال من جـ إلى ب ويستغرق 3 ساعة

2- التحليل ووضع البرنامج الزمني للتنفيذ:

بعد وضع الخطة ورمها كما هو موضع في الشكل السابق كخطوة أولى تليها الخطوة التالية وهي التحليل ووضع البرنامج الزمني للتشغيل. وهذه الخطوة تحدد المدة التي يستغرقها تنفيذ المشروع. ومن البديهي عند تتابع الأنشطة نجد أن المدة التي يستغرقها تنفيذ المشروع يمثلها أطول وقت. ففي المثال السابق يوجد ثلاث مسارات للأنشطة:

المسار الأول 1 – 4 وزمنه 2 ساعة

المسار الثاني 1 – 2 – 4 وزمنه 2 + 3 = 5 ساعة

المسار الثالث 1 – 2 – 3 – 4 وزمنه = 2 + 1 + 1 = 4 ساعة

معنى هذا أن أطول مدة لإنهاء تنفيذ الخطة هي 5 ساعات ويمثل هذا تتابع الأنشطة 1 – 2 – 4 ، وأي زيادة في الوقت تؤثر على مدة التنفيذ. أي أن هذا المسار هو المسار الحرج، والأنشطة المكونة له أنشطة حرجة أما بالنسبة للمسار الأول الذي يستغرق 2 ساعة فإن أي زيادة في مدة التنفيذ لا تؤثر على مدة تنفيذ الخطة ككل، بشرط ألا يزيد عن 5 ساعات، وكذلك الأمر بالنسبة للمسار الثالث.

3- متابعة تنفيذ الخطة:

يتضح من الخطوة السابقة أن التحليل وسيلة للرقابة ومتابعة الخطة كذلك يمكن تسجيل الملاحظة لبيان مستوى الأداء الفعلي بالنسبة إلى الخطة. فمثلاً إذا لم يتم تنفيذ النشاط 1-2 حسب الخطة، فمعنى ذلك أن الشخصين اللذين تركا المكان (أ) لم يصلا إلى المكان (جـ) في الزمن المقرر بالخطة ولهذا فيمكن القول بأن المشروع يحتاج إلى وقت أكبر في التنفيذ ما لم ينفذ هذا النشاط بناء على الوقت المحدد في الخطة أو لتخفيض وقت تنفيذ النشاط 2-4.

عناصر رسم شبكة الأعمال:

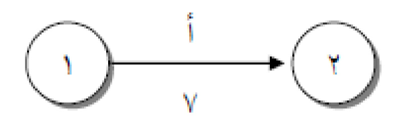
تتكون شبكة الأعمال من أحداث وأنشطة...

الحدث *Event*:

هو نقطة بداية أو نهاية نشاط أو مجموعة من الأنشطة ويرمز له O يكتب بداخلها الرقم الخاص بهذا الحدث.

النشاط *Activity*:

هو عنصر عمل في المشروع له فترة معينة، ويمثل بسهم (بدون مقياس رسم) يكتب عليه زمن هذا النشاط وله حدثان، حدث بداية وآخر نهاية وقد يسمى باسم حدثيه مثلاً يسمى النشاط السابق (1) – (2)ويستغرق فترة زمنية مقدارها 7 وحدات أو يمسى النشاط السابق أ ويسمى فترة زمنية مقدارها 7 وحدات.



بعض الاصطلاحات الواجب توافرها في رسم شبكة الأعمال:

1- يجب أن تبدأ شبكة الأعمال بحدث بداية واحد، وتنتهي بحدث نهاية واحد.

2- عدم رسم الأنشطة بمقياس رسم.

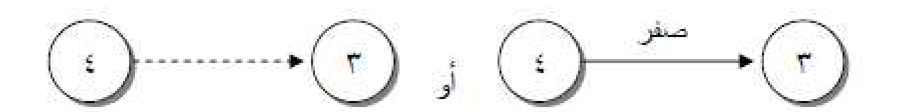
3- إعطاء أحداث نهاية الأنشطة أرقاماً أكبر من أحداث بداية الأنشطة.

4- رسم شبكة الأعمال من اليسار لليمين.

5- تمثيل الأنشطة بخطوط مستقيمة وعدم رسم الخطوط المتقاطعة أو غير المستقيمة للأنشطة المختلفة إلا في حالة الضرورة.

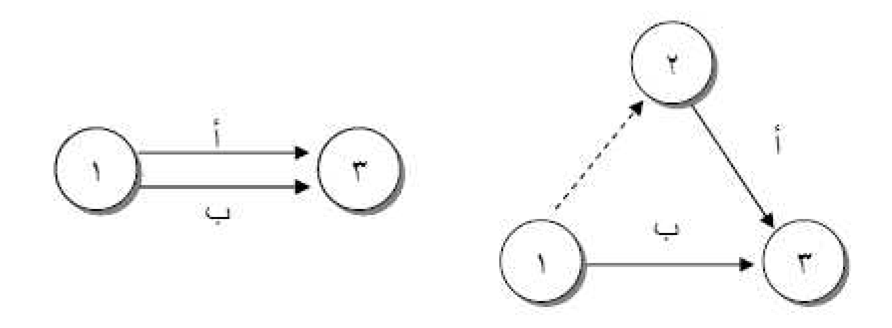
6- عدم رسم الأنشطة المساعدة إلا في حالة الضرورة.

والنشاط المساعد هو نشاط عادي زمنيه صفر، ويرمز له كالآتي:

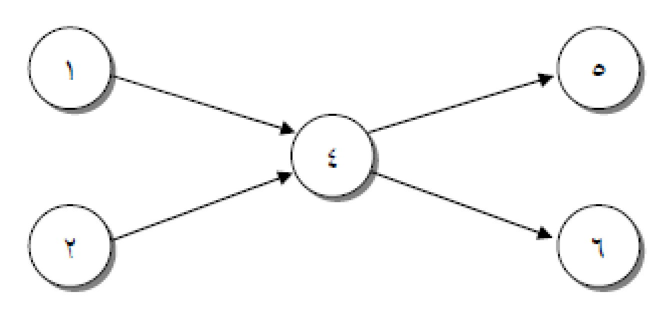


ونلجأ إليه في الحالات الآتية:

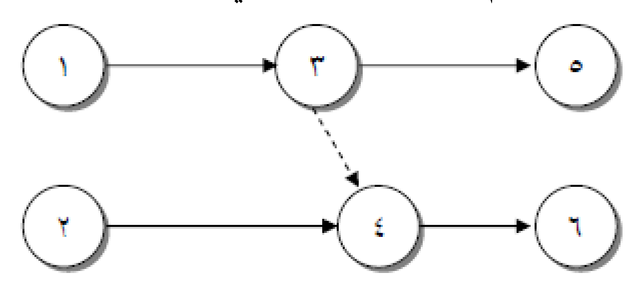
- وجود نشاطين متوازيين، ولهما نفس حدثي البداية والنهاية.



- عند تلاقي نشاطين عند حدث وحد، وكل منهما لا يعتمد على الآخر إذا انتقل شخص من المكان (1) إلى المكان (4) ث ترك شئ في المكان (4)، وانتقل بعد ذلك انتقل إلى المكان (5)، وترك شخص آخر من المكان (2) إلى المكان (4) ليأخذ الشئ الذي تركه الأول ثم واصل سيره للموقع (6).



فمن الرسم السابق نجد أن النشاط (4) – (5) يعتمد على النشاط (1) – (4) والنشاط (2) – (4) ولكن في الحقيقة أن النشاط (4) – (5) يعتمد على النشاط (1)-(4) فقط وليس له علاقة بالنشاط (2)-(4) بينما النشاط (4)-(6) يعتمد على النشاطين (1)-(4) ، (2)-(4) فيكون التمثيل السليم لهذه الأنشطة هو التالي:



ومنه يتضح أن النشاط (4)-(6) يعتمد على كلا النشاطين (1)-(2) والنشاط (2)-(4) بينما النشاط (3)-(5) يعتمد فقط على النشاط (1)-(3).

حساب الزمن المستغرق للنشاط:

هو الزمن المتوقع واللازم لتأدية النشاط، ويجب أن يؤخذ في الاعتبار حساب الظروف المحيطة بالتنفيذ يجب أن يلاحظ أن تأدية العمل لا يخضع توقيته للأزمة النمطية ولذلك الأزمنة النمطية ولذلك فالأزمنة الحقيقية أو المشاهدة أكثر ملائمة.

$$\text{الزمن المتوقع} = \frac{\text{أ + ب + 4 جـ}}{6}$$

حيث (أ) هو الزمن المتفائل: أي أقصر فترة زمنية يمكن أن يتم فيها تنفيذ النشاط. (ب) هو الزمن المتشائم: أي أطول فترة زمنية يمكن أن يتم فيها تنفيذ النشاط. (جـ) هو الزمن الأكثر احتمالاً: وهو أحسن تقدير للفترة الزمنية التي يتم فيها تنفيذ النشاط مع الأخذ في الاعتبار جميع الاحتمالات المتوقعة أثناء التنفيذ.

مراحل التخطيط الشبكي:

1- تحليل المشروع إلى أنشطة، وإعطاء كل منهم رمز معين وتوقع الزمن اللازم لتنفيذ كل نشاط.

2- تحديد العلاقات الزمنية بين هذه الأنشطة ويستلزم ذلك معرفة ما يأتي لكل نشاط.

- النشاط أو الأنشطة التي يجب أن يتم قبل بدء هذا النشاط.
- النشاط أو الأنشطة التي يمكن تنفيذها أثناء تنفيذ هذا النشاط.
- النشاط أو الأنشطة التي لا يمكن البدء في تنفيذها إلا بعد الانتهاء من تنفيذ هذا النشاط.

3- رسم شبكة الأعمال.

4- تحديد الزمن الأكثر تبكيراً والأكثر تأخيراً لكل نشاط.

5- تحديد المسار الحرج، والزمن اللازم لتنفيذ المشروع.

6- تحديد زمن السماح الكلي والحر والمستقبل لكل نشاط.

7- دراسة أزمنة الأنشطة وعلاقاتها بالتكلفة وإمكانية الإسراع في بعض الأنشطة.

8- اختيار أنسب توقيت لكل نشاط للوصول للهدف النهائي للمشروع في الوقت المناسب وبالتكلفة المناسبة.

9- متابعة تنفيذ البرنامج الزمني لشبكة الأعمال وتقييم معدلات الإنجاز من وقت لآخر وإعادة دراسة الشبكة عند حدوث أي تغيير في الوقت أو التكلفة للأنشطة.

والمثال التالي يوضح كيف يمكن رسم شبكة الأعمال لمشروع يتكون من عشرة أنشطة وتحديد المسار الحرج، وحساب الزمن الكلي اللازم لتنفيذ المشروع، وتحديد أزمنة سماحات الأنشطة المختلفة.

النشاط	النشاط السابق	الزمن الطبيعي
1	-	4
2	1	12
3	1	3
4	1	13
5	1	4
6	2، 3	15
7	4	1
8	4	11
9	5	5
10	7، 9	15

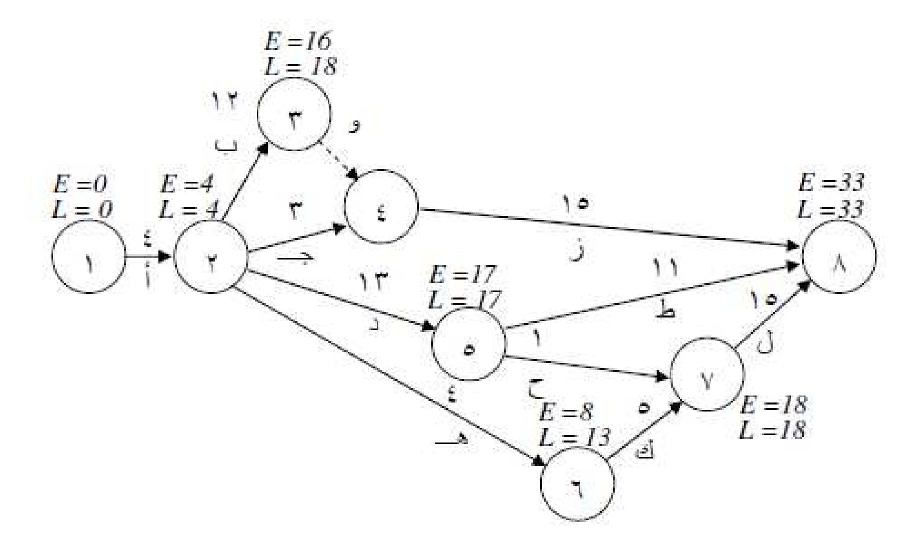
رسم شبكة الأعمال:

نبدأ بالنشاط (1) فنجد أنه لا يعتمد نشاط نسبة فترسم من اليسار لليمين سهم له حدث بداية (1) وحدث نهاية (2) ونكتب عليه زمنه المتوقع وهو (4) أيام ثم نرسم النشاط الذي يليه وهو (2) فنبدأ بالحدث (2) وينتهي بالحدث (3) وزمنه 12 يوم، بالمثل يومكن رسم النشاط 3، 4، 5.

عند رسم النشاط 7 نجد أنه يعتمد على انتهاء النشاطين 2، 3 فنصل بين الحدث (3) والحدث (4) بالنشاط الوهمي 6 ومن الحدث (4) نرسم النشاط 7 وزمنه 15 يوم ثم نرسم النشاط 9، النشاط 8 من نهاية النشاط 4، نرس النشاط 11 إذا لابد وأن يلتقيا عند حدث واحد (7)ومنه نرسم النشاط ل. وتنتهي شبكة الأعمال بحدث (8) وهو نهاية الأنشطة 7، 12.

تحديد الأزمنة الأكثر تبكيراً:

الزمن الأكثر تبكيراً هو أقل زمن يمكن أن يبدأ عنده النشاط ويحسب عند كل حدث....



إذا فرضنا أن الحدث أ يبدأ عند اليوم صفر مثلاً، إذاً الـزمن الأكـثر تبكـيراً للحـدث (2) هو 4 + 0 = 4 يوم، وبالنسبة للحدث (3) يكـون الـزمن الأكـثر تبكـيراً يسـاوي 4 + 12 = 16 يوم

للحدث 4:

يوجد مساران هما 1-2-3-4 والزمن الأكثر تبكيراً له = 16 يـوم، والمسـتر 1-2-3 والـزن الأكثر تبكيراً له = 7 يوم، فيكون الزمن الأكثر تبكيراً هو أطول وقت أي 16 يوم.

للحدث 5: الزمن الأكثر تبكيراً = 4 + 13 = 17 يوماً.

للحدث 6: الزمن الأكثر تبكيراً = 4 + 4 = 8 يوماً.

للحدث 7: يوجد مساران هما 1-2-5-7، والمسار 1-2-6-7

المسار الأول = 17 + 1 = 18 يوماً.

المسار الثاني = 8 + 5 = 13 يوماً.

ويكون الزمن الأكثر تبكيراً للحدث (7) هو أطول وقت وهو 18 يوم، وبنفس الطريقـة يمكن حساب الزمن الأكثر تبكيراً للحـدث (8) فنجـده = 33 يـوم أي أن الـزمن الـلازم لتنفيـذ المشروع = 33 يوم.

تحديد الأزمة الأكثر تأخيراً:

الوقت الأكثر تأخيراً للنشاط هو الوقت الممكن للنشاط أن يتم خلاله دون التأثير عـلى الوقت الكلي للمشروع. ويمكن حسابه بتتبع الأحداث اليمين إلى اليسار، أي البدء بالحدث ( ) وتسجيل زمنه الأكثر تبكيراً، أي يسـاوي 33 يومـاً ثـم نطـرح منـه الوقـت المسـتغرق للنشـاط لنحصل على الزمن الأكثر تأخيراً للحدث عند بداية النشاط. فيكون الزمن الأكثر تأخيراً للحدث (4) = 33 – 15 = 18 يوم.

فيكون الزمن الأكثر تأخيراً للحدث (7) = 33 – 15 = 18 يوم.

ويصل للحدث 5 مساران هما 5-8، 5-7

الوقت الأكثر تأخيراً للحدث (5) عند سلوك المسار 5-8 = 33-11 = 22 يوم

الوقت الأكثر تأخيراً للحدث (5) عند سلوك المسار 5-7 = 18-1 = 17 يوم

∴ الزمن الأكثر تأخيراً للحدث (5) هو 17 يوم.

وبالمثل يمكن حساب الزمن الأكثر تأخيراً لباقي الأحداث.

المسار الحرج:

المسار الحرج هو سلسلة من الأنشطة المتصلة بين بداية المشروع ونهايته ويستغرق تنفيذ هذه السلسلة أطول وقت ممكن بين السلاسل التي بين بداية ونهاية الشبكة. ويجب أن يتوافر في النشاط الحرج ما يأتي:

1- تساوي الزمن الأكثر تبكيراً والزمن الأكثر تأخيراً لكل من حدثي البداية والنهاية.

2- الزمن المستغرق لتنفيذ النشاط يساوي الفرق بين الزمن الأكثر تبكيراً والزمن الأكثر تأخيراً لنهاية وبداية النشاط.

في الحالة السابقة يكون المسار الحرج هو المسار 1-2-5-7-8

الزمن الأكثر تأخيراً لبدء النشاط:

هو الزمن المتأخر الذي يبدأ فيه النشاط ويساوي الفرق بين الزمن الأكثر تأخيراً لحدث نهاية النشاط، وزمن استغراق النشاط.

بالنسبة للنشاط 2-4:

الزمن الأكثر تأخيراً لبدء النشاط 18 – 3 = 15 يوم

الزمن الأكثر تأخيراً لبدء النشاط 4-8 = 33 – 15 = 18 يوم

الزمن الأكثر تأخيراً لبدء النشاط 5-8 = 33-11 = 22 يوم

وبالمثل يمكن حساب الزمن الأكثر تأخيراً لبدء باقي الأنشطة.

الزمن الأكثر تبكيراً لانتهاء النشاط:

هو أقل زمن يمكن أن ينتهي عنده النشاط ويساوي الزمن الأكثر تبكيراً لبدء النشاط مضافاً إليه الزمن المستغرق للنشاط.

الزمن الأكثر تبكيراً لانتهاء النشاط 2-4 = 4 + 3 = 7 يوم.

الزمن الأكثر تبكيراً لانتهاء النشاط 4-8 = 16 + 15 = 31 يوم

الزمن الأكثر تبكيراً لانتهاء النشاط 5-8 = 17 + 11 = 28 يوم

وبالمثل يمكن حساب الزمن الأكثر تبكيراً لإنهاء باقي الأنشطة.

أقصى زمن متاح لتنفيذ النشاط:

هو أطول زمن متاح يمكن أن ينفذ خلاله النشاط، ويساوي الفرق بين الزمن الأكثر تأخيراً لانتهاء النشاط والزمن الأكثر تبكيراً لبدء النشاط.

بالنسبة للنشاط 2-6:

أقصى زمن متاح = 13 – 4 = 9 يوم

أقصى زمن متاح للنشاط 4-8 = 33 – 16 = 17 يوم

أقصى زمن متاح للنشاط 2-4 = 18 – 4 = 14 يوم

وبالمثل يمكن حساب باقي الأزمنة للأنشطة.

أزمنة سماحات الأنشطة:

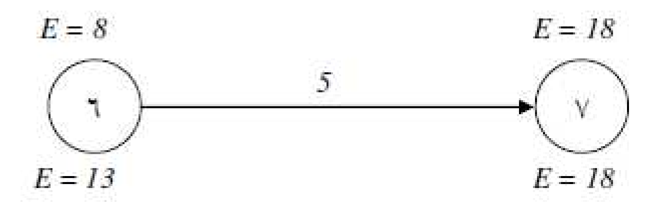
زمن السماح (*Float*) هو زمن يسمح فيه للنشاط بأن تطول فترة تنفيذه دون التأثير على زمن تنفيذ المشروع.

وتنقسم السماحات لثلاثة أنواع وهي:

زمن السماح الكلي *Total Float*:

ويعرف بأنه الزمن الذي يسمح فيه للنشاط بأن تطول مدة تنفيذه ولكن إذا استغل هذا الزمن بأكمله (أي أمتعه النشاط). فيجب خفض أزمنة السماح للأنشطة السابقة لهذا النشاط وأيضاً الأزمنة اللاحقة له.

زمن السماح الكلي – الزمن الأكثر تأخيراً لنهاية النشاط – الزمن الأكثر تبكيراً لبداية النشاط – زمن استغراق النشاط.



زمن السماح الكلي للنشاط 6-7 = 18 – 8 – 5 = 5 يوم.

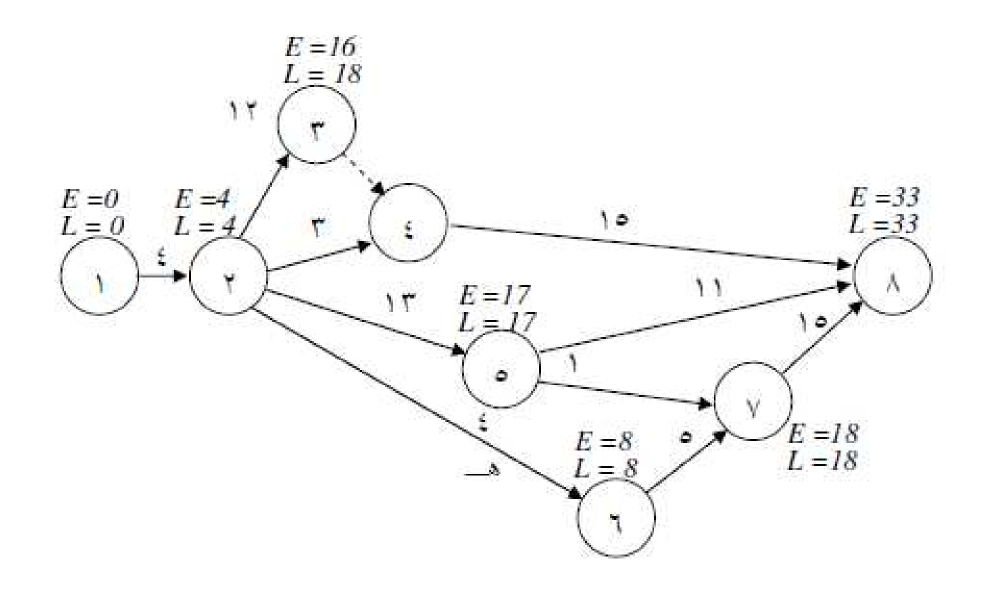
فإذا فرضنا أن النشاط 6-7 امتد واستغل 5 أيام (فترة السماح الكلية) أي زمنه 10 أيام، فماذا يكون تأثيره على زمن سماح النشاط 2-6 (السابق)، النشاط 7-8 (اللاحق).

يجب أولاً حساب زمن السماح الكلي لكل منهم في الحالة العادة.

زمن السماح الكلي للنشاط 2-6 = 13 – 4 – 4 = 5 يوم

زمن السماح الكلي للنشاط 7-8 = 33 – 18 – 15 = 0 يوم

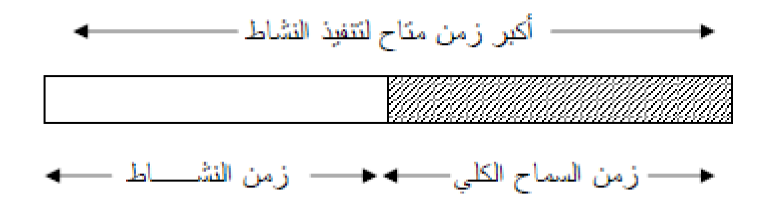
برسم شبكة الأعمال حينما يكون زمن النشاط 6-7 يساوي 10 أيام



∴ زمن السماح الكلي للنشاط 7-8 = 33 – 18 – 15 = 0

زمن السماح الكلي للنشاط 2-6 = 8 – 4 – 4 = 0

أي إذا استغل زمـن السـماح الكـلي لأي نشـاط بأكملـه إذا يجـب خفـض أزمنـة سـماح الأنشطة السابقة واللاحقة له ويمكن تمثيل السماح الكلي كالآتي:



زمن السماح الحر:

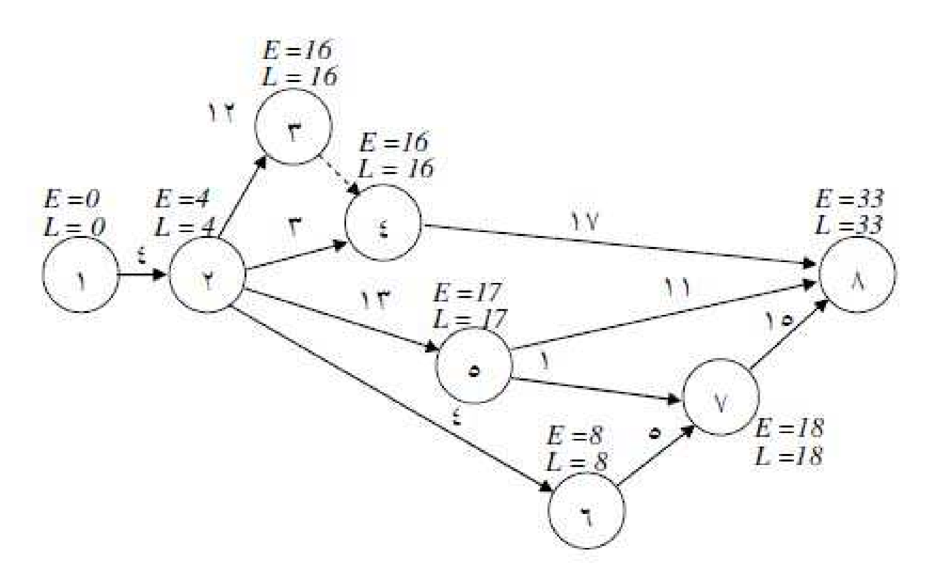
هو الزمن الذي يسمح فيه للنشاط بـأن تطـول مـدة تنفيـذه دون التـأثير عـلى أزمنـة الأنشطة التالية وإذا استغل هذا الزمن بأكمله أثناء التنفيذ يجب خفض زمن السماح النشاط السابق.

زمن السماح الحر = الزمن الأكثر تبكيراً لحـدث نهايـة النشـاط – الـزمن الأكـثر تبكـيراً لبداية النشاط – زمن النشاط.

زمن السماح الحر 4-8 = 33 – 16 – 15 = 2 يوم

زمن السماح الحر 2-4 = 18 – 3 – 4 = 11 يوم

ولنفرض أن النشاط 4-8 استغل فترة سماحه الحر كاملة أي سار زمنه 17 يومـاً فيرسـم شبكة الأعمال في هـذه الحالـة، ودراسـة تـأثير ذلـك عـلى زمـن السـماح الكـلي للنشـاط 2-4 (النشاط السابق).



زمن السامح الكلي للنشاط 2-4 في هذه الحالة 16 – 4 – 3 = 9 يوم

أي أنه انخفض بمقدار يومين وهي نفس الفترة التي استغلها النشاط 4-8 (سماحه الحر).

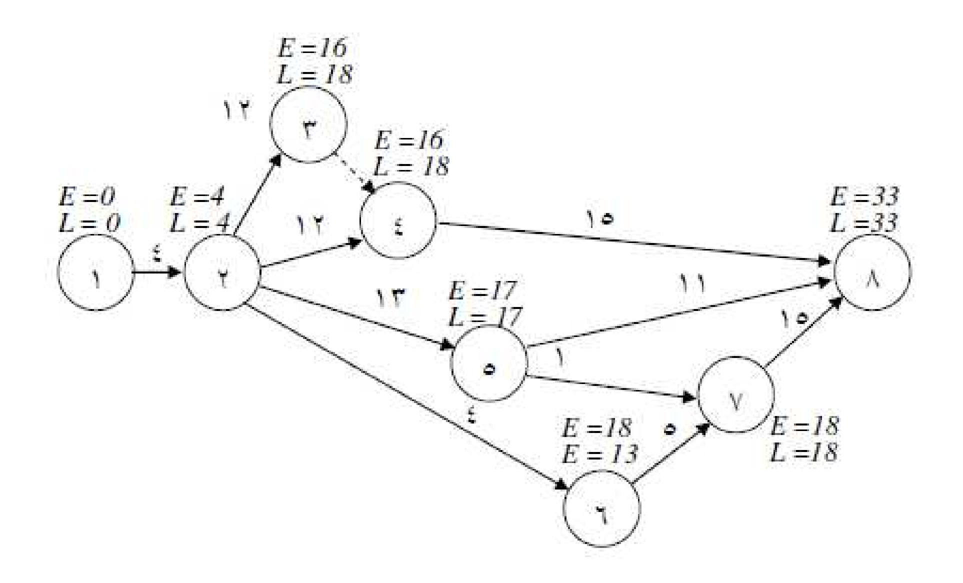
زمن السماح المستقل:

هو الزمن الذي يسمح فيه للنشاط بأن تطول مدة تنفيذه دون التأثير على الأنشطة السابقة أو التالية.

زمن السماح المستقل = الزمن الأكثر تبكيراً لحدث النهاية – الزمن الأكثر تأخيراً لحدث البداية – زمن النشاط.

زمن السماح المستقل للنشاط 2-4 = 16 – 4 – 3 = 9 يوم

فإذا فرضنا أن النشاط 2-4 امتد زمنه لبعض فترة سماحه المستقل ليصير زمنه 12 يوم. فيرسم شبكة الأعمال في هذه الحالة، وحساب الأزمنة المبكرة والمتأخرة للأحداث نجد أنها لم تتغير.



يمكن تلخيص أزمنة الأنشطة في جدول كالآتي:

النشاط	زمن استغراق النشاط	بداية النشاط		نهاية النشاط		أزمنة السماح		
		الزمن المبكر	الزمن المتأخر	الزمن المبكر	الزمن المتأخر	الكلي	الحل	المستقل
2-1	4	0	0	4	4	-	-	-
3-2	12	4	6	16	18	2	-	-
4-3	3	4	15	7	18	11	9	9
5-4	13	4	4	17	17	-	-	-
6-5	4	4	9	8	13	5	-	-
4-6	-	16	18	16	18	2	-	-
8-7	15	16	18	31	33	2	2	-
7-8	1	17	17	18	18	-	-	-
8-9	11	17	22	28	33	5	5	5
7-10	5	8	13	13	18	5	5	-
8-11	15	18	18	33	33	-	-	-

احتمالات إنجاز المشروع:

يمكن أسلوب بيرت من زيادة تحليل الوقت للمشروعات التي تم تقدير أوقات متعددة لها حتى يمكن بعد حساب الوقت المتوقع لإنجاز المشروع بالكامل، وكذلك التباين المرتبط بوقت إنهاء المشروع يمكن حساب احتمال أنجاز المشروع في الموعد السابق تحديده (بافتراض أن التوزيع الاحتمالي لأوقات إنجاز المشروع هو توزيع احتمالي) ويتم حساب التباين وفقاً للقاعدة التالية:

$$\text{التباين} = \left(\frac{\text{الوقت المتشائم} - \text{الوقت المتفائل}}{6}\right)^2$$

التباين = مربع الانحراف المعياري

ويلاحظ أن في حالة ما إذا كان التباين كبيراً فإن هذا معناه أن هناك درجة كبيرة من عدم التأكد في الوقت المقدر لأداء عملية معينة. أي أن هناك احتمال في أن يختلف وقت التنفيذ الفعلي عن الوقت المقدر في الشبكة.

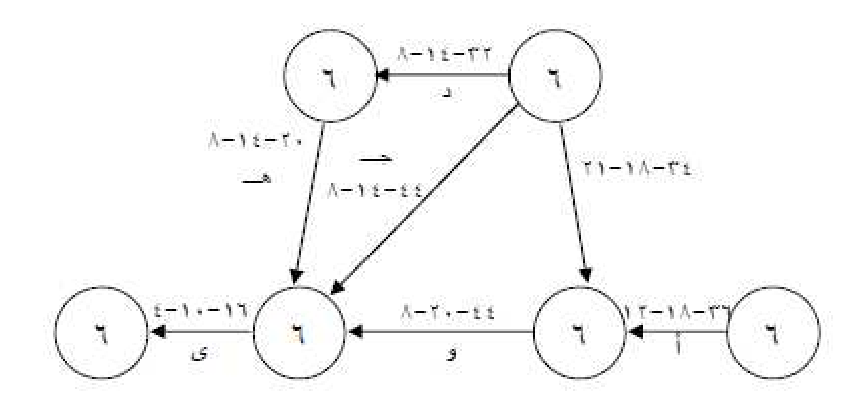
والمثال التالي يوضح هذه النقاط:

مثال (3):

فيما يلي البيانات الخاصة بتقديرات الأوقات المختلفة للأنشطة الخاصة بتخطيط عناصر المدخلات لنظام العمليات والإنتاج في مصنع منة الله للثلاجات الكهربائية، وبافتراض أن هذه العملية يمكن أن تتم طبقاً للتسلسل الآتي كما يظكهر في حدود الجدول التالي.

رمز النشاط	وصف النشاط	النشاط السابق	تقديرات المتشائم	الوقت الأكثر احتمال	بالأيام المتفائل
أ	التنبؤ بأرقام الإنتاج من المنتجات المطلوبة للسوق	-	36	18	12
ب	ترجمة خطة الإنتاج المتوقعة إلى مجموعة من التسهيلات والإمكانيات الإنتاجية المطلوبة.	أ	34	16	10
جـ	تحديد العمليات الإنتاجية اللازمة لتشغيل النظام	ب	44	14	8
د	تحديد الآلات والمعدات اللازمة لأداء العمليات الإنتاجية المطلوبة	ب	32	14	8
هـ	تحديد الطاقة الإنتاجية المطلوبة	د	20	14	8
و	تحديد احتياجات النظام من النــاصر الأخرى المطلوبة للتشغيل (خامات – عمالة)	أ	44	21	8
ى	تحقق التوازن في متطلبات النظام من عناصر الإنتاج	أ، جـ، د	16	10	4

والمطلوب رسم شبكة بيرت، تحديد السمار الحرج، وتحديد الزمن المتوقع للانتهاء مـن المشروع وتحديد احتمال إتمام المشروع في فترة 3 شهور.



ويمكن حساب الزمن المتوقع للانتهاء من النشاط والانحـراف المعيـاري وفقـاً للقواعـد السابقة وكما يظهر في الجدول التالي.

رمز النشاط	المسار (إحداثي النشاط)	الوقت المتوقع (الوقت المتشائم + 4 × الأكثر احتمالاً + المتفائل)/6	الانحراف المعياري (المتشائم – المتفائل)/6	التباين مربع الانحراف
أ	2-1	20 = 6/(10 + 4 × 18+36)	4 = 6/(12-36)	16
ب	3-2	18 = 6/(10 + 4 × 16+34)	4 = 6/(10-34)	16
جـ	5-3	18 = 6/(8+4 × 14+44)	6 = 6/(8-44)	36
د	4-3	16 = 6/(8+ 4 × 14+32)	4 = 6/(8-32)	16
هـ	5-4	14 = 6/(8 + 4 × 14+20)	2 = 6/(8-20)	4
و	5-2	22 = 6/(8 + 4 × 20+ 44)	6 = 6/(8-44)	36
ى	6-5	10 = 6/(4 + 4 × 10+16)	2 = 6/(4-16)	4

1- تحديد المسار الحرج:

بفحص البيانات الموجودة في الجدول السابق يتضح لنا أن هناك عدة مسارات في هـذا المشروع وهي:

1-2-3-4-5-6 الوقت اللازم 20+18+16+14+10 = 78 يوم

1-2-3-5-6 الوقت اللازم 20+18+18+10 = 66 يوم

1-2-5-6 الوقت اللازم 20+22+10 = 52 يوم

∴ المسار الحرج هو 1-2-3-4-5-6 وتقع عليـه الأنشـطة أ، ب، د، هــ ى وتسـتغرق وقت متوق مقداره 78 يوم.

2- يمكن استنتاج تباين المشروع وهو تباين الأنشطة الحرجة:

تباين المشروع = تباين الأنشطة الحرجة

= تباين الأنشطة أ + ب + د + هـ + ى

= 16 + 16 + 16 + 4 + 4 = 56

3- الانحراف المعياري = التباين = $\sqrt{56}$ = 7.49

4- إذا كان الوقت المحدد للانتهاء من عمليـة تخطـيط المـدخلات هـو 3 شـهور (90 يومـاً) والوقت المحسوب للانتهاء من هذه العملية في شبكة الأعمال هـو 78 يومـاً. وإذا علمنـا أن الانحراف المعياري للمشروع هو 7.49.

∴ احتمال تنفيذ المشروع في الوقت المحدد =

$$\frac{\text{الوقت المحدد مقدماً – الوقت المتوقع للانتهاء}}{\text{الانحراف المعياري للمشروع}}$$

$$= \frac{\text{90 يوماً – 78 يوماً}}{7.49}$$

= 0.945

وباستخراج الرقم المقابل للقيمة 1.6 من جدول المساحات تحت المنحنى الطبيعي يتضح أن الرقم المقابل في الجدول للقيمة 1.6 هو 0.945 أي أن احتمال إتمام المشروع في 3 شهور (90 يوماً) هو 0.945 أي أن الإدارة متأكدة بنسبة 94% أنه يمكن الانتهاء من تخطيط المدخلات لنظام العمليات والإنتاج في مدة 3 شهور.

ثانياً: أسلوب توقيت وضبط تنفيذ المشروعات مع الأخذ في الاعتبار عامل التكلفة:

لما كان عامل التكلفة هو أحد العوامل الرئيسية التي تؤثر على وضع الأولويات للمشروعات المختلفة عند إعداد برامج وخطط التنمية، فإن هذا الأسلوب يكتسب أهمية خاصة كواحد من أهم الوسائل التي تساعد المخططين في التعرف على إمكانية تنفيذ المشروعات المختلفة بتكاليف إجمالية مختلفة آخذين في الاعتبار عامل الوقت.

العلاقة بين الزمن والتكلفة:

تعتمد هذه الطريقة في تخطيط المشروعات على تقسيم المشروع إلى أعمال جزئية أو أنشطة، ثم تحديد العلاقة بين الزمن والتكلفة لكل عمل جزئي أو نشاط في المشروع وهذه العلاقة تبين التغير الذي يمكن أن يطرأ على تكلفة تنفيذ نشاط ما بتغير الفترة الزمنية التي يمكن أن يتم خلالها تنفيذ هذا النشاط آخذين في الاعتبار العوامل الآتية:

- حجم العمالة والخبرات الفنية المطلوبة في كل حالة.
- المصروفات النقدية
- الطرق الفنية التي يمكن استخدامها في التنفيذ.

بتحليل هذه البيانات وربط العوامل المختلفة ببعضها البعض، يمكن التوصل إلى تحديد الطريقة المثلى لتنفيذ المشروع ككل، بحث يسبب أي انحراف غير هذا الطريق في التنفيذ زيادة مناظرة في التكاليف.

التكاليف الكلية للمشروع وطريقة تخطيطها:

في المشروعات التجارية الصناعية، وهي أكثر المشروعات التي يجب تطبيق هذا الأسلوب في تخطيط تنفيذها، يمكن تقسيم التكاليف إلى:

1- التكاليف المباشرة:

وأهم عناصرها هو تكلفة العمل أي الأجور والمرتبات وقيمة استهلاك أو إيجار الماكينات وهي التكاليف التي تؤخذ في الحسبان عند تطبيق طريقة المسار الحرج.

2- التكاليف غير المباشرة:

وهذه تنقسم إلى:

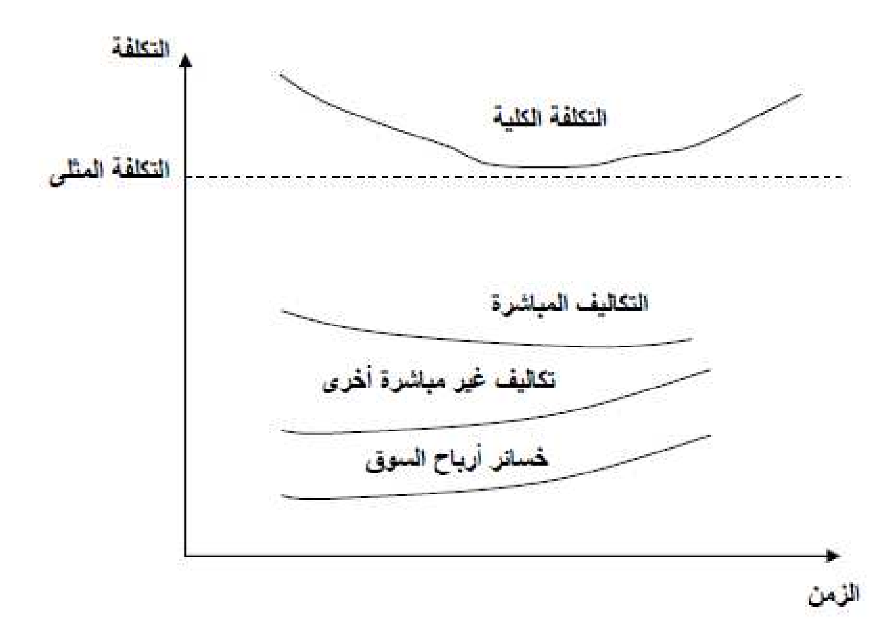
- خسائر أرباح السوق:

وهي الخسائر التي يمكن تلافيها إذا ما تم تنفيذ المشروع في أقصر فترة ممكنة وبدأ إنتاجه.

- التكاليف الناتجة عن فوائد رأس المال المستثمر في تنفيذ المشروع:

وغرامات التأخير وواضح أن التكاليف الغير مباشرة ترتفع كلما طالة فترة تنفيذ المشروع، أي أنها تتناسب عكسياً مع التكاليف المباشرة وعند تخطيط عملية تنفيذ مشروع ما يجب الأخذ في الاعتبار التكاليف للمشروع (المباشرة والغير مباشرة) لمعرفة أقل التكاليف الكلية للتنفيذ، وبالتالي مدة التنفيذ المقابلة لهذه التكاليف ويطلق عليها المدة المثلى.

والشكل التالي يوضح ذلك.....



<u>التكلفة المباشرة للمشروع وطريقة تخطيطها:</u>

لتحديد العلاقة بين الزمن والتكلفة لكل نشاط في المشروع، يمكن استخدام طريقة المسار الحرج لمعرفة البدائل الممكنة من حيث الزمن والتكلفة لتنفيذ المشروع متدرجين من الزمن الطبيعي إلى الزمن المتسرع وما يقابل هذه الأزمنة من تكلفة.

والخطوات التالية توضح هذه الطريقة:

1- يحدد المسار الحرج للمشروع عندما تكون تكلفة جميع الأنشطة تكلفة طبيعية أي أقل تكلفة ممكنة لإنهاء تنفيذ المشروع. والتكلفة الطبيعية هي التكلفة المقابلة للزمن الطبيعي.

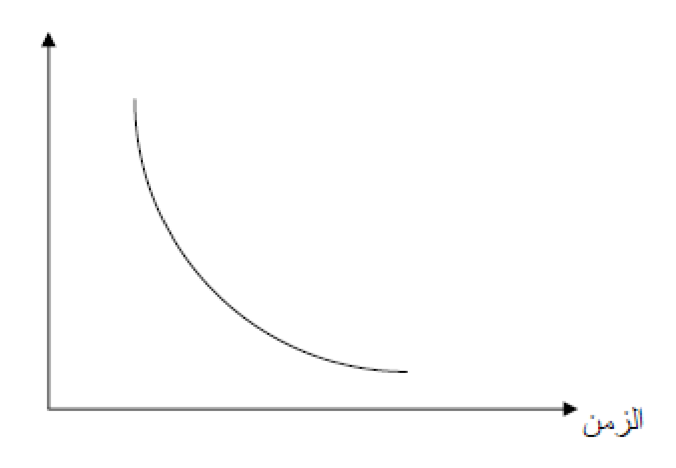
2- يختار النشاط الواقع على المسار الحرج، والذي يتميز بأقل زيادة في التكلفة لكل وحدة زمنية توفر نتيجة لهذا التغير ثم يضغط الزمن اللازم لهذا النشاط حتى نقطة التسرع أي إلى أقل زمن ممكن أن ينفذ فيه هذا النشاط، وهذا الزمن يقابله أعلى تكلفة لتنفيذه ويحسب بعد ذلك التكلفة الجديدة للمشروع ومساره الحرج الجديد.

3- تكرر بعد ذلك الخطوة رقم (2) حتى تصل إلى المرحلة التي بعدها أي ضغط آخر للزمن اللازم لتنفيذ المشروع.

مما سبق نلاحظ في مرحلة حساب الزمن الكلي للمشروع، أن التكلفة المقابلة هي أقل تكلفة ممكنة حيث أنه عند الانتقال من مرحلة إلى أخرى تم اختيار النشاط الذي يتميز بأقل زيادة في التكلفة لكل وحدة ومنية توفر في كل مرحلة.

ويمكن تمثيل النتائج النهائية لهذه الحسابات بالمنحنى المبين في الشكل، وهو يوضح العلاقة بين الزمن والتكاليف الكلية المباشرة لتنفيذ المشروع.

وهذا المنحنى يعطي أقل التكاليف الكلية المباشرة لكل زمن يمكن خلاله تنفيذ المشروع وهو ما يساعد على وضع أنسب الخطط لتنفيذ المشروع.



ميل التكلفة:

هو الزيادة في تنفيذ كل نشاط نتيجة اختصار تنفيذه يوماً واحداً.

$$\text{ميل التكلفة} = \frac{\text{التكلفة المتسرعة – التكلفة الطبيعية}}{\text{الزمن الطبيعي – الزمن المتسرع}} \quad \text{(جنيه/ وحدة زمنية)}$$

- التكلفة المتسرعة: هي التكلفة المناظرة للزمن المتسرع وهي عادة أكبر من التكلفة الطبيعية.
- التكلفة الطبيعية: هي التكلفة المناظرة للزمن الطبيعي.

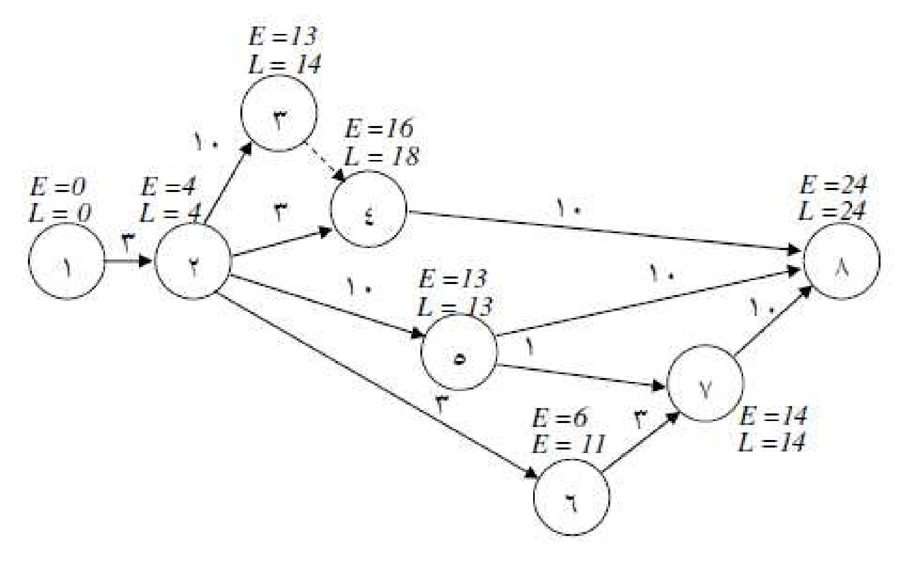
والجدول التالي يوضح الزمن الطبيعي والمتسرع والتكلفة الطبيعية والمتسرعة وميل التكلفة لكل نشاط من أنشطة شبكة الأعمال السابقة وكيف يمكننا الإسراع في بعض الأنشطة لإقلال الزمن الكلي المشروع وعلاقة ذلك بالتكاليف اللازمة لتنفيذ المشروع.

النشاط	الزمن الطبيعي	التكلفة الطبيعية	الزمن المتسرع	التكلفة المتسرعة	ميل التكلفة (جنيه/وحدة)
أ	4	200	3	240	40
ب	12	1200	10	1400	100
جـ	3	250	3	250	-
د	13	1500	10	1800	100
هـ	4	1200	3	1300	100
ز	15	100	10	200	20
ح	1	150	1	150	-
ط	11	150	10	175	25
ك	5	250	3	310	30
ل	15	75	10	175	20
		5075		6000	

أي أن التكلفة اللازمة لتنفيذ المشروع هي 5075 جنيهاً وتناظر الزمن الطبيعي وهو 33 يوم.

الحل على أساس الحالة المتسرعة لجميع الأنشطة:

تستخدم الأزمة المتسرعة لكل الأنشطة وبحسب المسار الحرج للمشروع على هذا الأساس.



والشكل السابق يبين أن هذا الحل سوف يمكن من إنهاء المشروع في 24 يوم فقط بتكلفة مقدارها = 240 + 1400 + 250 + 1800 + 1300 + 0 + 200 + 150 + 175 + 310 + 310 + 175 = 6000 جنيه

الزيادة في التكلفة = 6000 – 5075 = 925 جنيه

ويعد حساب أقصر وأطول فترتين يمكن تنفيذ المشروع خلالها يجد المخطط نفسه مواجهاً بالسؤالين الآتيين:

1- هـل يمكـن التوصـل إلى تنفيـذ المشروع خـلال اقصر مـدة ممكنـة وهـي 24 يـوم دون الحاجة إلى ضغط جميع الأنشطة؟

وهذا السؤال يهدف إلى معرفة إمكانية توفير أكبر جزء ممكن من التكاليف التـي تنـتج عن ضغط أنشطة لا يوفر ضغطها في فترة تنفيذ المشروع.

2- ما هي تكلفة تنفيذ المشروع المقابلة لفترات تنفيذ تتدرج بـين الـزمن المـتسرع والـزمن الطبيعي؟

وهذا السؤال يهدف إلى التعرف على إمكانية تنفيذ المشروع من ناحية الزمن والتكلفـة حتى يمكن اختيار المـرادف الـذي يناسـب مـع ظـروف المشروع المختلفـة ويتضـح مـن الشكل أن المسار الحرج يتكون من الأنشطة (1-2)، (5-7)، (7-8).

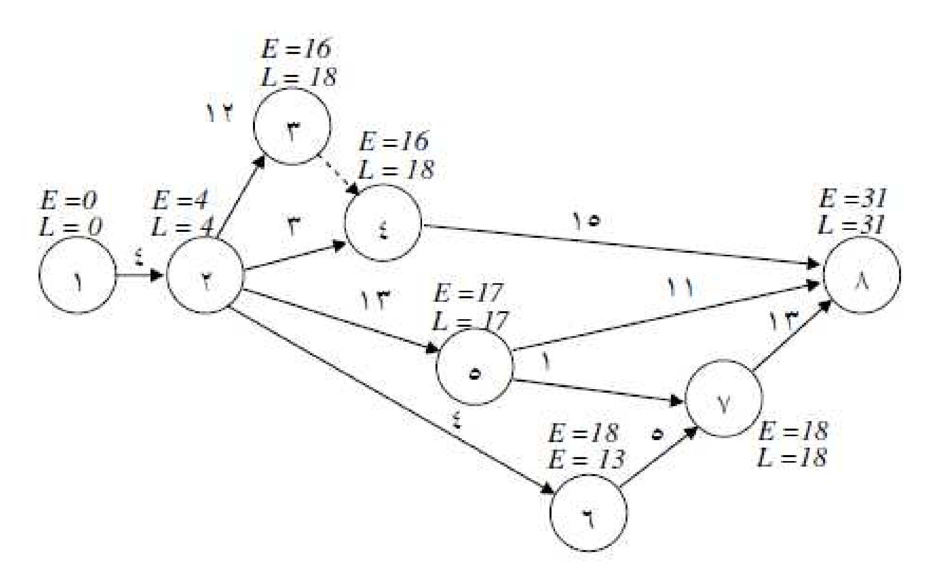
وبجمع فترات تنفيذ مدة الأنشطة يتضح أن فترة تنفيذ المشروع الطبيعية هي 33 يـوم، ولما كانت هذه هي الأنشطة الحرجة فإن أي توفير في فترة تنفيذ المشروع يمكن أن تـتم بضغط نشاط أو أكثر من هذه الأنشطة فقط.

ويتضح أن أقلهم في التكلفة هو النشاط (7-8) ولذلك تبدأ بضغطه على قدر المستطاع.

مـن الشـكل نجـد أن المسـار الغـير حـرج والـذي يتميـز بأقـل فـائض مـن الوقـت (2 يوم) هو المسار 2-3-4-8. إذاً فمن الممكن خفض زمـن المشروع الكـلي بمقـدار 2 يـوم إذا ضغطنا النشاط 7-8 بمقدار 2 يوم أي يسير زمن تنفيذ المشروع هو 31 يوم.

التكلفة المناظرة للزمن قدره 31 يوم = 5075 + 2 × 20 = 5115 جنيهاً

التكلفة المناظرة للزمن قدره 32 يوم = 5075 + 1 × 20 = 5095 جنيهاً



وبرسم شبكة الأعمال في هذه الحالة أي يعد ضغط زمن النشاط (7-8) مدة يومين ثم حساب الأزمنة المبكرة والمتأخرة عند كل حدث نجد أن الشبكة صار لها مسارين حرجين هما المسار 1-2-5-7-8، والمسار 1-2-3-4-8.

وهنا يجب مراعاة ضغط جميع المسارات الحرجة بنفس الفترة الزمنية وذلك لضمان تحقيق اختصار فترة تنفيذ المشروع بالقدر اللازم.

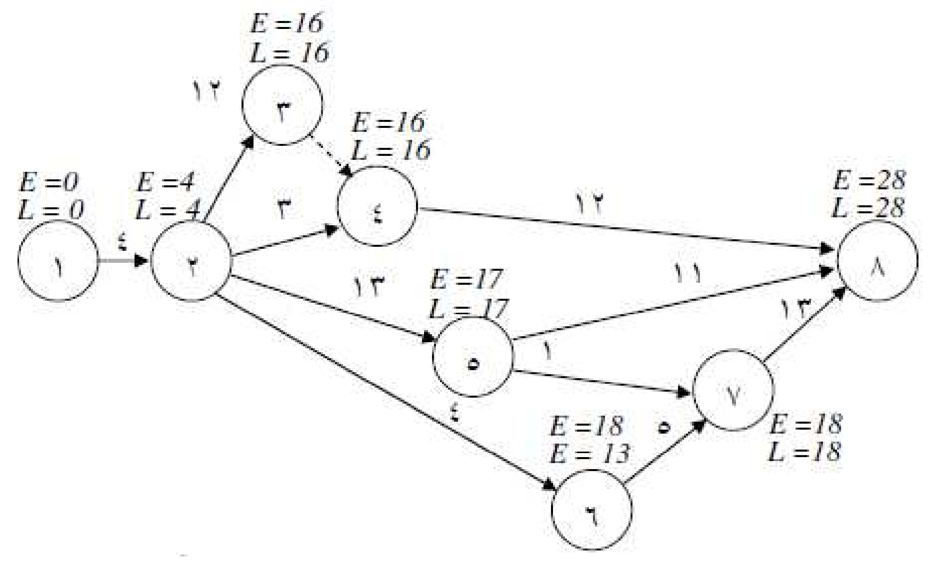
فيمكن ضغط النشاط (7-8) الواقع على المسار الأول يوماً واحداً بزيادة في التكلفة مقدارها 20 جنيهاً كما يمكن ضغط النشاط (4-8) الواقع على المسار الثاني يوماً واحداً بزيادة في التكاليف مقدارها 20 جنيه أي أن الزيادة الكلية في تكاليف المشروع الناتجة عن ضغط فترة التنفيذ من 31 إلى 30 يوم هي 40 جنيهاً وأيضاً من 30 – 29 يوم ومن 29 إلى 28 يوم كل يوم يعادل 40 جنيهاً.

أي التكلفة المناظرة لزمن قدره 30 يوم = 5115 + 40 = 5155 جنيهاً

أي التكلفة المناظرة لزمن قدره 29 يوم = 5115 + 80 = 5195 جنيهاً

أي التكلفة المناظرة لزمن قدره 28 يوم = 5195 + 40 = 5235 جنيهاً

برسم الشبكة بعد هذا الضغط للأنشطة (7-8)، (4-8)....



نجد أن عدد المسارات الحرجة للمشروع زادت إلى ثلاثة بدلاً من مسارين وهما المسار 1-2-3-4-8، والمسار 1-2-5-8 والمسار 1-2-5-7-8.

ولضمان تحقيق اختصار فترة تنفيذ المشروع لابد من ضغط المسارات الحرجة الثلاثة بنفس النسبة، ويمكن مقارنة الأنشطة الحرجة وميل تكلفة كل منها كما هو موضح بالجدول الآتي:

المسار الأول	ميل التكلفة	المسار الثاني	ميل التكلفة	المسار الثالث	ميل التكلفة
(2-1)	40	(2-1)	40	(2-1)	40
(3-2)	100	(5-2)	100	(5-2)	100
(4-3)	-	(8-5)	25	(7-5)	-
(8-4)	20			(8-7)	20

من التحليل السابق يمكن ضغط النشاط 1-2 مدة يوم واحد وهذا يؤدي لخفض الزمن الكلي للمشروع إلى 27 يوم بزيادة في التكلفة مقدارها 40 جنيهاً.

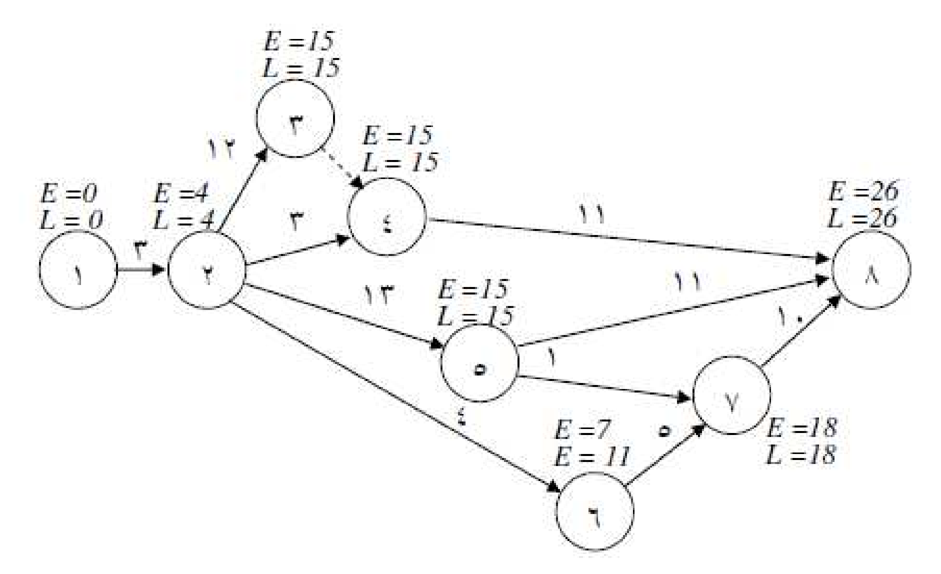
أي أن التكلفة المناصرة لزمن قدره 27 يوم = 5235 + 40 = 5275 جنيهاً

بضغط النشاط (4-8) يوماً واحداً، وأيضاً النشاط (2-5) بنفس المدة.

∴ الزيادة في التكلفة = 20 + 100 = 120 جنيهاً.

∴ التكلفة المناظرة لزمن قدره 26 يوم = 5275 + 120 = 5395 جنيهاً.

وبرسم شبكة الأعمال في هذه الحالة:



نجد أن المسارات الحرجة لم تتغير (المسارات الثلاثة السابقة) ويمكن ضغط النشاط (4-8) يوماً واحداً والنشاط (2-5) يوماً واحداً.

أي الزيادة في التكلفة = 20 + 100 = 120 جنيهاً.

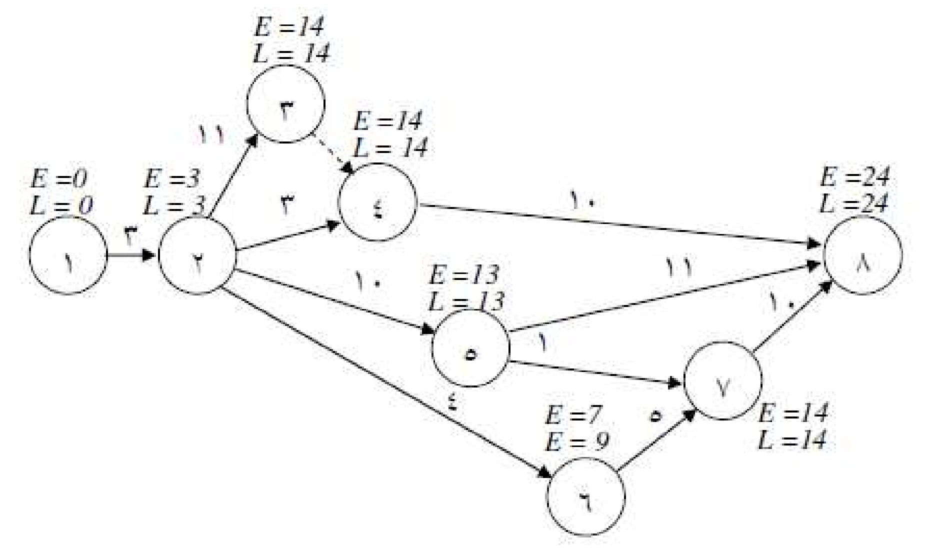
أي التكلفة المناظرة لزمن قدره 25 يوم = 5395 + 120 = 5515 جنيهاً

ونضغط النشاط (2-3) يوم واحد، النشاط (2-5) يوم واحد أيضاً.

أي الزيادة في التكلفة = 100 + 100 = 200 جنيه

∴ التكلفة المناظرة لزمن قدره 24 يوم = 5515 + 200 = 5715 جنيهاً

وبرسم شبكة الأعمال في هذه الحالة:



وحيث أن جميع أنشطة المسار الثالث قد وصلت إلى أزمنتها الحرجة أن لا يمكن ضغط فترة تنفيذ أي منها بعد هذه المرحلة، كما أنه قد سبق أن اشترطها أن يتم الضغط بنفس الفترة الزمنية لجميع المسارات الحرجة للمشروع إذا ما أردنا ضغط مدة التنفيذ الكلية للمشروع، فإنه يتضح أن عملية الإسراع في تنفيذ أي نشاط لم يصل إلى زمنه الحرج لن تؤدي إلا إلى زيادة في التكلفة بدون أي وفر في فترة التنفيذ.

ولذا يطلق على هذا الحل الأمثل

وعلى التكاليف المقابلة الكلية "التكاليف المثلى"

تحليل بيانات الزمن والتكلفة:

بعد تحديد إمكانيات تنفيذ المشروع المختلفة زمنياً ومالياً، يمكن البدء في عملية تحليل النتائج التي تم التوصل إليها في الخطوات السابقة. والجدول الآتي يوضح الصورة الشاملة لهذه النتائج.

النشاط	الحالة الطبيعية	الحل ١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	الحالة المتسرعة
١–٢	٤	٤	٤	٤	٤	٤	٣	٣	٣	٣	٣
٢–٣	١٢	١٢	١٢	١٢	١٢	١٢	١٢	١٢	١٢	١١	١٠
٢–٤	٣	٣	٣	٣	٣	٣	٣	٣	٣	٣	٣
٢–٥	١٣	١٣	١٣	١٣	١٣	١٣	١٣	١٢	١١	١٠	١٠
٢–٦	٤	٤	٤	٤	٤	٤	٤	٤	٤	٤	٣
٣–٤	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
٤–٨	١٥	١٥	١٤	١٤	١٣	١٢	١٢	١١	١٠	١٠	١٠
٥–٧	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١
٥–٨	١١	١١	١١	١١	١١	١١	١١	١١	١١	١١	١٠
٧–٦	٥	٥	٥	٥	٥	٥	٥	٥	٥	٥	٣
٧–٨	١٥	١٤	١٣	١٢	١١	١٠	١٠	١٠	١٠	١٠	١٠
مدة تنفيذ المشروع	٣٣	٣٢	٣١	٣٠	٢٩	٢٨	٢٧	٢٦	٢٥	٢٤	٢٤
أقل تكلفة تنفيذ بالجنيه	٥٠٧٥	٥٠٩٥	٥١١٥	٥١٥٥	٥١٩٥	٥٢٣٥	٥٢٧٥	٥٣٩٥	٥٥١٥	٥٧١٥	٦٠٠٠

وهذا الجدول النهائي يبين أن الحل التاسع يعطـي نفـس الـوفر الزمنـي الـذي يتحقـق بضغط جميع أنشطة المشروع إلى حالتها المتسرعة في حين أن الحـل التاسـع يـوم 285 جنيهـاً من التكاليف الإجمالية للتنفيذ عن الحالة المتسرعة لجميع الأنشطة.

كـما أن الجـدول يبـين الإمكانيـات الزمنيـة المختلـة لتنفيـذ المشروع ومـا يقابلهـا مـن تكاليف إجمالية مباشرة.

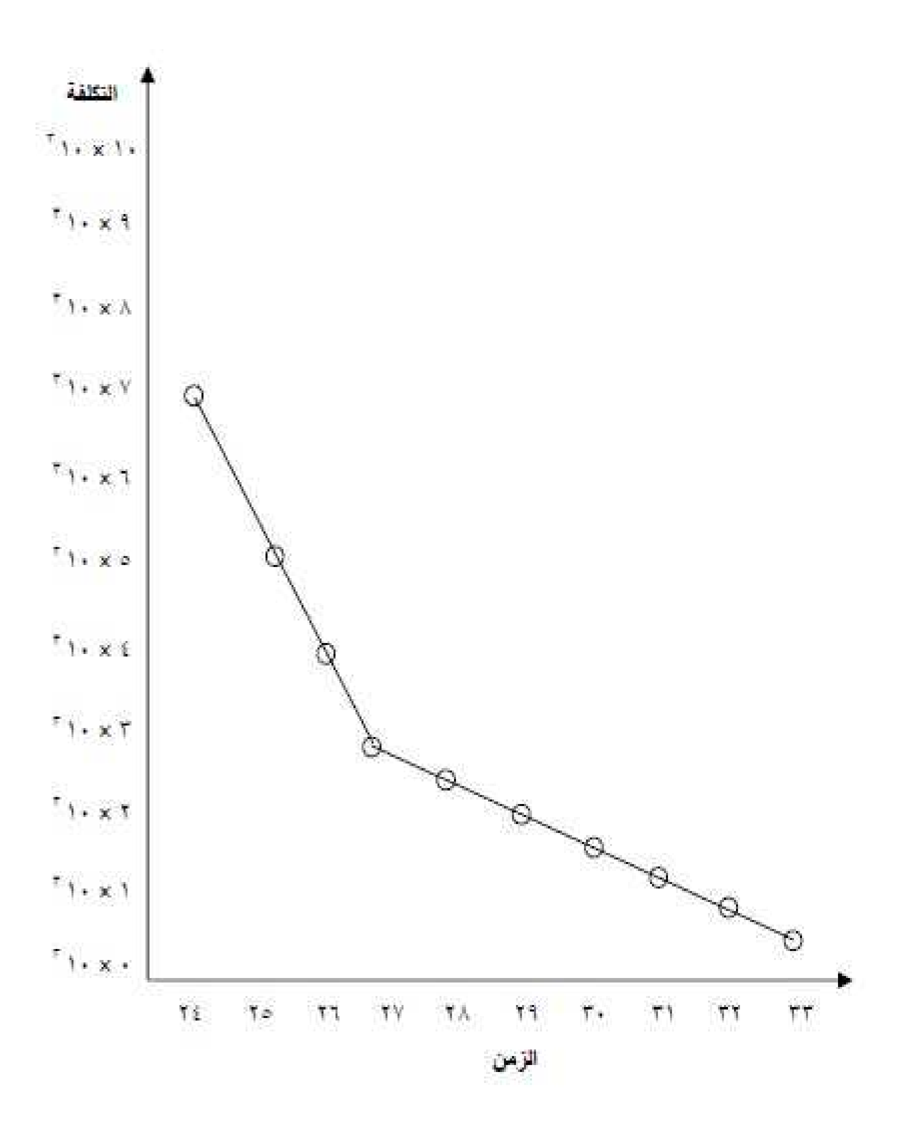
وبهذا يتمكن المخطط مـن اختيـار البـديل الأنسـب للـمشروع، واضـعاً في اعتبـاره أن التكاليف المحسوبة هي أقل تكاليف مباشرة ممكنة ومناظرة لفترات التنفيذ المختلفة.

يمكن توضيح العلاقة بين الزمن اللازم لتنفيذ المشروع والتكلفة المناظرة كما في الشـكل التالي..

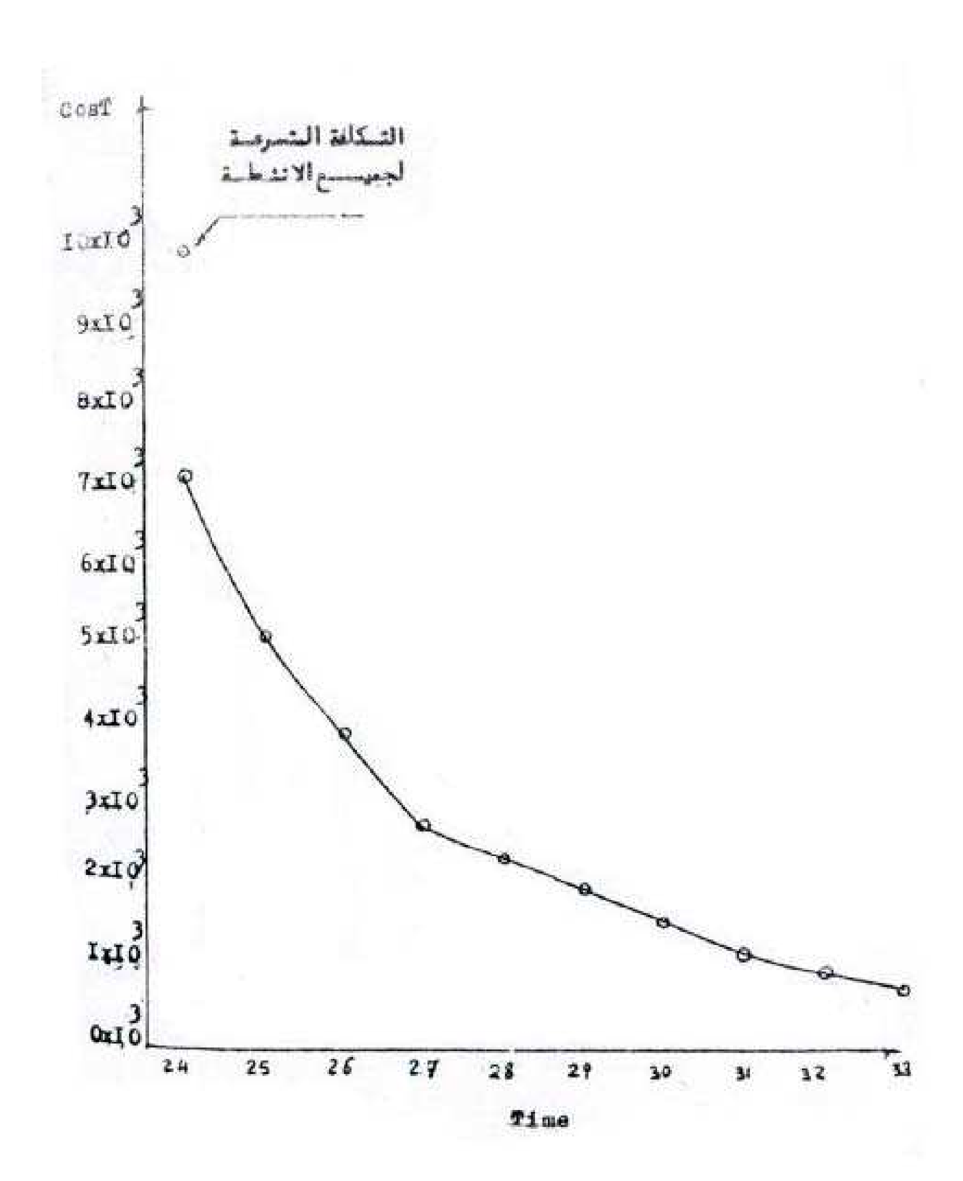
ومنه يتضح أن ميل المنحنى يتزايد كما انخفض زمن تنفيذ المشروع من 26 يوم إلى 25 يوم إلى 24 يوم نجد أن التكلفة تزيد بما يعادل ضغط تنفيذ المشروع من 33 يوم إلى 29 يـوم تقريباً.

أي أن الإسراع، وضغط زمن الأنشطة من 27 يوم إلى 24 يوم يكون غير اقتصادي.

أمــا إذا سرعــت جميــع الأنشــطة نجــد أن التكلفــة تبلــغ 6000 جنيــه والــزمن 24 يوم.



التكلفة
١٠ x ١٠^٣
٩ x ١٠^٣
٨ x ١٠^٣
٧ x ١٠^٣
٦ x ١٠^٣
٥ x ١٠^٣
٤ x ١٠^٣
٣ x ١٠^٣
٢ x ١٠^٣
١ x ١٠^٣
٠ x ١٠^٣
٢٤
٢٥
٢٦
٢٧
٢٨
٢٩
٣٠
٣١
٣٢
٣٣
الزمن


COST
الكلفة المسرعة
لجميع الانشطة
10x10^3
9x10^3
8x10^3
7x10^3
6x10^3
5x10^3
4x10^3
3x10^3
2x10^3
1x10^3
0x10^3
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
Time

الفصل الحادي عشر

خرائط جانت

2- خرائط جانت:

وهي تعتبر من أهم الطرق التي تستخدم في التخطيط والرقابة على الإنتاج وبالرغم من أنها تعتبر من أقدم الطرق إلا أنها مازالت تستخدم بتوسع في الصناعة وقد سجلت بهذا الاسم نسبة إلى مبتكرها *Henry Licant* وهي طريقة غير مكلفة وتستخدم بسهولة وكفاءة للأغراض التخطيطية فتعطي فكرة واضحة عن العلاقة بني الأنشطة المختلفة في التعليمية حتى أن أكثر خطط الإنتاج تعقيداً يمكن إظهارها بوضوح على هذه الخرائط.

وتصور خرائط جانت خطة العمل على أساس الوقت، فتظهر مدى التقدم في التنفيذ بالنسبة للخطة الموضوعة، كما توضح المشاكل التي حدثت فعلاً، والتي يمكن توقع حدوثها حتى يمكن علاجها في الوقت المناسب.

وبصفة عامة يمكن استخدام هذه الخرائط لأي نوع من أنواع الإنتاج، ولأي نشاط تتكون منه العملية الإنتاجية.

والواقع أن خرائط جانت أثبتت أنها أداة ممتازة في تخطيط العمليات الصناعية، ولكنها تعتبر مضللة إذا أدخلت تغيرات كبيرة في جداول الإنتاج من فترة لأخرى فكلما ارتفع مقدار التغيرات في جداول الإنتاج كلما ارتفعت درجة الخطأ فيما تعطيه من نتائج.

لذلك تستخدم هذه الخرائط بصفة رئيسية في الوقت الحاضر للأغراض التخطيطية والتسجيلية، أما إذا تطلب الأمر إعادة التخطيط فيفضل عدم تعديل البيانات الواردة في الخرائط، بل رسم خرائط جديدة.

وهناك ثلاث أنواع رئيسية من خرائط جانت هي:

1- خرائط تحميل الإنتاج *Load Charts*

2- خرائط تسجي الإنتاج *Record Charts*

3- خرائط التقدم في الإنتاج *Program Progress Charts*

1- خرائط تحميل الإنتاج:

أن الغرض من خرائط التحميل توضيح كمية العمل بالنسبة لكل مصنع أو قسم صناعي أو مجموعة من الأفراد أو الآلات.

ويقاس العمل على أساس وحدات زمنية، ساعات أو أيام أو أسابيع لذلك فإن ما يسجل فيها هو مقدار الوقت اللازم لتنفيذ العملي وليس عدد الوحدات المطلوب تصنيعها، فتوضح الخريطة عدد الساعات أو الأيام أو الأسابيع التي يجب أن تستخدم فيها الأجهزة والآلات للانتهاء من كمية (حمل) عمل معينة ويوضح الشكل رقم (30-3) نموذجاً لخريطة تحميل بقسم الخرائط في إحدى الشركات الصناعية.

فتمثل الخطوط الخفيفة فيها جدول العمل على أساس مقدار الوقت اللازم للانتهاء من العمل إذا استخدمت جميع الآلات (من كل نوع من أنواع الآلات) الموجودة بالقسم.

فخلال الأسبوع الذي يبدأ في 5 أكتوبرو ضع جدول العمل على أساس تشغيل آلة الخرائط " 1 " 80% من الوقت، وحيث أن هناك آلة واحدة من هذا النوع، فإن ساعات العمل الكلية تكون 22 ساعة على أساس أن الأسبوع يتكون من 40 ساعة عمل.

وخلال نفس الأسبوع وضع جدول العمل على أساس تشغيل آلة البرادة " 2أ " 55% من الوقت، وحيث أن هناك ثمان آلات من هذا النوع فإن ساعات العمل الكلية تكون 240 ساعة، وتمثل الخطوط السوداء التي أمام كل نوع من أنواع

الآلات الموجودة بالقسم مجموع حمل العمل المفروض أن يتم بواسطتها، على أساس وحدات زمنية وبذلك يمكن عمل المقارنة بين ما تم تنفيذه وما يجب أن ينفذ.

أما الخط الأسود في أعلى الخريطة فيبين حمل العمل المفروض أ، يؤديه القسم بكامل آلاته، ومنه يتضح أنه يمكن الانتهاء من العمل في 16.5 يوم فقط إذا وزع العمل بالتساوي على جميع الآلات الموجودة بالقسم.

ومعنى الرمز V في أول شهر أكتوبر في الخريطة السابقة أن وقت العمل بهذه الخريطة يبدأ من أول أكتوبر.

وحين يظهر نفس الرمز مرة أخرى (يظهر مرة ثانية في 5 أكتوبر) فمعنى ذلك أن هناك معلومات وبيانات جديدة أضيفت إلى الخريطة في هذا التاريخ.

رقم الآلة	عدد الآلاف	مجموع ساعات الأسبوع	أكتوبر				نوفمبر			
			٥	١٢	١٩	٢٦	٢	٩	١٦	٢٣

وتعتب خرائط التحميل أداة في جدولة الإنتاج فهي تبين مدى كفاءة القسم المعين في الانتهاء من تصنيع كمية معينة في تاريخ محدد. فبالنظر إلى الخريطة يمكن معرفة ما إذا كانت الإمكانيات الموجودة كافية للانتهاء من الإنتاج في الوقت المحدد أو غير كافية.

وطبيعي يجب تعديل البيانات الموجودة بالخريطة كلما أضيف عمل جديد وبذلك تساعد هذه الخرائط خلال فترة الازدحام بالعمل:

أ- الأفضلية بالنسبة للمطلبات في المستقبل وما إذا كان يجب قبولها أو رفضها.

ب- ما إذا كان الأمر يحتاج إلى تشغيل القسم وقتاً إضافياً أو تشغيله وردية أخرى كاملة.

ج- متى يتطلب تشغيل عدد جديد من الأفراد واستخدام عدد إضافي من الآلات للوصول إلى الطاقة الإنتاجية المطلوبة.

كما تساعد هذه الخرائط خلال فترات انخفاض العمل الإدارة على تحديد:

أ- ما نوع العمل المطلوب لشغلا لأفراد والآلات في أوقات العمل الرسمية.

ب- متى يجب تخفيض القوة العاملة بالقسم.

كما يعتبر هذا النوع من الخرائط أداة في اتخاذ القرارات بشأن خطط الإنتاج في المستقبل فيما أنها تعتبر سجل كامل لخطط الإنتاج في الماضي، فهي تعطي الإدارة فكرة واضحة عن نجاح خطط الإنتاج التي تقترح المستقبل.

قسم الخرائط	ر س1 الفرد	7 يونيو السبت	8 الأحد	9 الاثنين	10 الثلاثاء	11 الأربعاء	12 الخميس
عبد الغفار حنفي المشرف							
حسن يوسف رئيس عمال							
م. حافظ							
س. خليل							
س. مرسي							
م. عيسى							

حرف " أ " الذي يظهر في الساعات الأخيرة من نفس اليوم أن سبب التـأخير يرجـع إلى اضطراب في المعدات التي يعمل بها.

وقد أخرت عملية إصلاح هذا الاضطراب إنتاج هذا الفرد في يوم الأحد وقد رمز لـذلك بالحرف " ع ".

وبالنسبة لممدوح فرج، فلم يكن هناك سبب واضح لانخفاض كفايته الإنتاجية، لـذلك يبدو أن انخفاض معدل إنتاجه يرجـع إلى بطئـه في العمـل، وعـدم اسـتطاعته تنفيـذ المعـدل الموضوع للإنتاج، وقد استخدم الحرف "ب" رمزاً لذلك.

وبالنسبة للمشرف وكل رئيس من رؤساء العمال، فقـد جـرت العـادة عـلى رسـم خـط بياني أسود يوضح كميـة العمـل التـي ينفـذها الأفـراد الـذين يعملـون تحـت أمـرتهم خـلال الأسبوع.

2- خرائط التقدم في الإنتاج:

ويبني النوع الثالث من خرائط جانت ماهية الأنشطة اللازمة لتحقيق هدف معين.

فالغرض الرئيسي من خـرائط "التقـدم في الإنتـاج" إظهـار الوقـت الـلازم لكـل نشـاط، وماهية العلاقة بين الأنشطة المختلفـة في خطـة الإنتـاج وبصـفة عامـة يسـتخدم هـذا النـوع بنجاح في تخطيط الأنشطة التي تسبق العملية التشغيلية في أي برنامج التصنيع، وفي تخطيط حركة أوامر الإنتاج في المراحل المختلفة للعملية الإنتاجية.

فتبين الخطوط الخفيفة بهذه الخرائط مقدار الوقت اللازم للانتهاء من كل نشـاط (أو من كل عملية صناعية) حسب الخطة الموضوعة.

في حين تبين الخطوط السوداء مقدار الأداء الفعلي.

فإذا رسمت هذه الخرائط بدقة بحيث تظهـر النتـائج حتـى تاريخـه فإنهـا تسـاعد في معرفة مدى التقدم الذي يحدث من يوم لآخر في أي برنامج للإنتاج، كما فيها أسـباب التـأخير في العملية التصنيعية، وبدراسة ما يرد من بيانات بهذه الخرائط يمكن للإدارة اتخاذ القـرارات اللازمة لوضع برنامج في إطار الجداول الموضوعة.

وتوضع الخريطة بالشكل التالي ماهية الأنشطة المفروض أن تسبق إحدى العمليات التصنيعية، والمفروض أن تمتد الدورة لهذه العملية التصنيعية إلى فترة 20 أسبوعاً، ولكن حيث أن الأمر يتعلق بإنتاج موديل معين، وإن هذا الموديل سبق إنتاجه، لذلك يمكن اختصار الدورة التحضيرية إلى أقل عدد من الأسابيع.

فيكفي أسبوع واحد لإعطاء السلطة ووضع الجداول الرئيسية، وأسبوعين آخرين لإصدار التصريح الهندسي، وأسبوعين آخرين لإصدار أوامر الإنتاج وأسبوعين آخرين لإصدار أوامر شراء المواد المطلوبة.

والواقع أن عملية استلام المواد تتطلب وقتاً طويلاً، فالمفروض أن تستمر 10 أسابيع في هذا المثال.

وهكذا كما يتضح من الخريطة المشار إليها.

وبالنظر إلى الخريطة يتبين أن إعطاء السلطة ووضع الجداول الرئيسية وإهدار التصاريح الهندسية قد تمت في الوقت المحدد غير أن أوامر الإنتاج قد تأخرت عن الخطة الموضوعة. فلم يصدر حتى 29 يونيو إلا ثلث الأوامر فقط، لذلك يتطلب الأمر الاستقصاء لمعرفة أسباب هذا التأخير.

وحتى يمكن الاطمئنان إلى أن العملية التصنيعية ستتم حسب الخطة الموضوعة يجب مقرنة مقدار ما تم تنفيذه بمقدار ما يجب تنفيذه من وقت لآخر (كل أسبوع مثلاً) وتعديل الخريطة بحيث تعطي صورة حقيقية لما تم فعلاً، وإجراء التعديلات اللازمة في الخطة حسب ما يتطلب الأمر.

الأنشطة التي تسبق العملية التصنيعية	يونيو					يوليو					أغسطس					سبتمبر					أكتوبر				

تطبيقات:

مثال (1):

فيما يلي بيان الطلبيات التي ينتظر تنفيذها خلال الفترة التخطيطية المقابلة وعدد الساعات التي يستغرقها تنفيذ كل طلبية على أربعة آلات يمكن استخدامها في تنفيذ هذه الطلبيات، فإذا علمت أن عدد الساعات المتاحة لكل من هذه الآلات 65 ساعة فما هو التوزيع المناسب للطلبيات على الآلات.

والمطلوب إعداد جدول زمني للتشغيل اليومي إذا علمت أن ساعات العمل اليومي 8 ساعات:

رقم الطلبية	الآلة أ	الآلة ب	الآلة جـ	الآلة د
1	10	15	14	12
2	18	20	22	27
3	17	21	25	28
4	16	17	24	25
5	12	20	17	لا يمكن
6	16	22	19	28
7	12	لا يمكن	18	22
8	15	18	16	22
9	25	30	27	35
10	18	25	29	32

الكفاءة النسبية للآلات على أساس أرقام قياسية

رقم الطلبية	الآلة أ		الآلة ب		الآلة جـ		الآلة د	
	عدد الساعات	الرقم القياسي	عدد الساعات	الرقم القياسي	عدد الساعات	الرقم القياسي	عدد الساعات	الرقم القياسي
1	10	%100	15	10.50	14	1.40	12	1.21
2	18	1	20	1.11	22	1.22	27	1.52
3	17	1	21	1.25	25	1.47	28	1.15
4	16	1	17	1.06	24	1.50	25	1.56
5	12	1	20	1.67	17	1.42	-	-
6	16	1	22	1.38	19	1.18	28	1.75
7	12	1	-	-	18	1.50	22	1.83
8	15	1	18	1.20	16	1.07	20	1.33
9	25	1	30	1.20	22	1.08	35	1.42
10	18	1	25	1.39	29	1.62	32	1.78
عدد الساعات	65		65		65		65	

حساب الأرقام القياسية:

الطلبية رقم (1):

الآلة الأكفأ هي الآلة أ = عدد ساعات 10

الآلة ب هي الآلة 10/15 = 1.50

الآلة جـ هي الآلة 10/14 = 1.40

الآلة د هي الآلة 10/12 = 1.2

الطلبية رقم (2):

الآلة الأكفأ هي الآلة أ = عدد ساعات 18

الآلة ب هي الآلة 18/20 = 1.11

الآلة جـ هي الآلة 18/22 = 1.22

الآلة د هي الآلة 18/27 = 1.50

الرقم القياسي لآلة معينة = عدد ساعات التنفيذ على الآلة / عدد ساعات التنفيذ على الآلة الأكفأ

تحميل الآلات

التغيير	رقم الطلبية	الآلة أ		الآلة ب		الآلة جـ		الآلة د	
		وقت التغيير	الرقم القياسي	وقت التغيير	الرقم القياسي	وقت التغيير	الرقم القياسي	وقت التغيير	الرقم القياسي
السادس	1	10	1	15	10.50	14	1.40	12	1.21
الرابع	2	18	1	20	1.11	22	1.22	27	1.52
الثاني	3	17	1	21	1.25	25	1.47	28	1.15
الخامس	4	16	1	17	1.06	24	1.50	25	1.56
الأول	5	12	1	20	1.67	17	1.42	-	-
الثالث	6	16	1	22	1.38	19	1.18	28	1.75
	7	12	1	-	-	18	1.50	22	1.83
	8	15	1	18	1.20	16	1.07	20	1.33
	9	25	1	30	1.20	22	1.08	35	1.42
	10	18	1	25	1.39	29	1.62	32	1.78
جملة الساعات المتاحة		65		65		65		65	
جملة الساعات المطلوبة باستخدام أكفأ آلة		159		صفر		صفر		صفر	
التغيير الأول		-15		صفر		+16		صفر	
باقي الساعات المتاحة		144		صفر		16		صفر	
التغيير الثاني		-16		+17		صفر		صفر	

التغيير	رقم الطلبية	الآلة أ		الآلة ب		الآلة جـ		الآلة د	
باقي الساعات المتاحة		128		17		16		صفر	
التغيير الثالث		-25		صفر		+27		صفر	
باقي الساعات المتاحة		101		17		43		صفر	
التغيير الرابع		-18		+20		صفر		صفر	
باقي الساعات المتاحة		85		37		43		صفر	
التغيير الخامس		-16		صفر		+19		صفر	
باقي الساعات المتاحة		69		37		62		صفر	
التغير السادس		-10		صفر		صفر		صفر	
جملة الساعات المطلوبة		59		37		62		12	

جدول توزيع الطلبيات

الآلة أ		الآلة ب		الآلة جـ		الآلة د	
رقم الطلبية	الرقم القياسي	رقم الطلبية	الرقم القياسي	رقم الطلبية	الرقم القياسي	رقم الطلبية	الرقم القياسي
3	17	2	20	6	19	1	12
5	12	4	17	8	16		
7	12			9	27		
10	18						
مجموع الساعات المطلوبة	59	47	47	62	62		12

جدول التشغيل اليومي

الآلة	اليوم الأول	اليوم الثاني	اليوم الثالث	اليوم الرابع	اليوم الخامس	اليوم السادس
أ	ط3		ط5			
ب	ط2		ط4			
جـ	ط6		ط8			
د	ط1					

ويستمر الجدول لمدة الأيام المطلوبة حيث يبين أمام كل آلة الطلبيات المحملة عليها مميزة برقم الطلبية، ويمتد خط الطلبية لعدد من الساعات يساوي عدد الساعات المطلوبة لتنفيذها.

مثال (2):

فيما يلي بيان الطلبيات التي يتوقع ورودها خلال فترة التخطيط المقبلة وعدد الساعات المطلوبة لتنفيذ كل منها على ثلاثة آلات بديلة، فإذا علمت أن عدد ساعات التشغيل الأسبوعي 40 ساعة وأن الفترة التخطيطية مدتها أسبوع واحد فما هو أنسب توزيع للطلبيات على الآلات الموجودة بالقسم علماً بأن المصنع يستهدف الاستفادة من جميع الآلات المجودة بقدر الإمكان وأن الطلبية لا تنفذ على أكثر من آلة واحدة.

رقم الطلبية	الآلة أ	الآلة ب	الآلة جـ
1	10	12	15
2	20	8	12
3	25	20	22
4	20	15	18
5	12	15	20
6	20	15	22
7	8	20	12
8	17	10	8

جدول الكفاءة النسبية على أساس الأرقام القياسية

رقم الطلبية	الآلة أ		الآلة ب		الآلة جـ	
	عدد الساعات	الرقم القياسي	عدد الساعات	الرقم القياسي	عدد الساعات	الرقم القياسي
1	10	1.00	12	1.20	15	1.50
2	20	2.5	8	1.00	12	1.50
3	25	1.25	20	1.00	22	1.10
4	20	1.33	15	1.00	18	1.20
5	12	1.00	15	1.25	20	1.66
6	20	1.33	15	1.00	22	1.47
7	8	1.00	20	2.50	12	1.50
8	17	2.12	10	1.25	8	1.00

الطلبية	أكفأ آلة		الآلة التالية		الفرق في الكفاءة	الآلة المختارة	متجمع عدد ساعات التشغيل للآلة المختارة
	الآلة	الساعات	الآلة	الساعة			
1	أ	10	ب	12	0.2	أ	10
2	ب	8	جـ	12	0.5	ب	8
3	ب	20	جـ	22	0.1	ب	28 = 8 + 20
4	ب	15	جـ	18	0.2	ب	×43= 28 + 15
			أ	20	0.33	جـ	18
5	أ	12	ب	15	0.25	أ	22 = 10 + 12
6	ب	15	أ	20	0.33	أ	×42=22 + 20
			جـ	22	0.47	جـ	40 = 18 + 22
7	أ	8	جـ	12	0.50	أ	×50= 10 + 40
8	جـ	8	ب	10	0.25	أ	×50= 10 + 40
			أ	17	1.12	ب	32 = 22 + 10

جدول توزيع الطلبيات

الآلة أ		الآلة ب		الآلة جـ	
رقم الطلبية	الرقم القياسي	رقم الطلبية	الرقم القياسي	رقم الطلبية	الرقم القياسي
1	10	2	8	4	18
5	12	3	20	6	22
7	8	8	10		
مجموع الساعات	30		38		40

الطريقة المحسنة:

يمكن تحسين الطريقة بما يسمح بالاستفادة من الآلات الأكفأ أولاً فنستخدم نفس أرقام المثال السابق ونقوم بإعادة ترتيب الطلبيات على الوجه التالي:

الطلبية	الآلة الأكفأ	الساعات	الرقم المعدل للطلبية	
1	أ	10	1/5	أول رقم هذا هو الرقم
2	ب	8	2/6	الجديد المعدل الرقم
3	ب	20	3/1	الثاني هو الرقم الأصلي
4	ب	15	4/3	2/6 الترتيب
5	أ	12	4/5	6 يمثل الجديد
6	ب	15	6/2	2 يمثل الترتيب الأصلي
7	جـ	8	7/7	
8	جـ	8	8/8	

جدول التحميل المحسن

الطلبية	الآلة الأكفأ		الآلة التالية		الفرق في الكفاءة	الآلة المختارة	متجمع عدد ساعات التشغيل للآلة المختارة
	الآلة	الساعات	الآلة	الساعة			
3/1	ب	20	جـ	22	0.1	ب	20
6/2	ب	15	أ	20	0.33	ب	35=20+15
4/3	ب	15	جـ	18	0.20	ب	×50=35+15
			أ	20	0.33	جـ	18
5/4	أ	17	ب	15	0.25	أ	17
1/5	أ	10	ب	12	0.20	أ	22=12+10
2/6	ب	8	جـ	12	0.50	ب	×43=35 + 8
			أ	20	1.50	جـ	30=18+12
7/7	أ	8	جـ	12	0.50	أ	30=22+8
8/8	جـ	8	ب	10	0.25	جـ	38=30 + 8

جدول توزيع الطلبيات المحسن

الآلة أ		الآلة ب		الآلة جـ	
رقم الطلبية	الساعات	رقم الطلبية	الساعات	رقم الطلبية	الساعات
1	10	3	20	2	12
5	12	6	15	4	18
7	8			8	8
مجموع الساعات المطلوبة	30		35		38

يمكننا مقارنة نتائج الطريقتين بحساب عدد الساعات التي حملت على أكفأ آلة وعلى الآلة الثانية في الكفاءة والآلية الثالثة في الكفاءة. نصل إلى النتيجة التالية:

طبقاً للطريقة المحسنة:

أكفأ آلة	الآلة الثانية في الكفاءة	الآلية الثالثة في الكفاءة
10	12	
12	18	
18		
20		
15		
8		
73		

طبقاً للطريقة الأولى:

أكفأ آلة	الآلة الثانية في الكفاءة	الآلية الثالثة في الكفاءة
10	10	22
12	18	
18		
20		
58	28	22

فكأننا نستفيد من أكفأ الآلات لمدة 73 ساعة والآلات التالية 30 وفق الطريقة المحسنة، أما في الحالة الأولى وهي بعدم التدخل في ترتيب الطلبيات نكون قد استخدمنا 58 ساعة فقط من الآلة الأكفاء و28 ساعة من الآلة الثانية و37 ساعة من الآلة الثالثة.

غير أننا نلاحظ أن مجموع ساعات التشغيل للآلات هو 103 في الطريقة المحسنة، 118 في الطريقة الأولى فإذا كانت استراتيجية التشغيل هي تفضيل الآلة الأكفأ في جميع الحالات يكون الحل المحسن أفضل.

وإذا كانت استراتيجية التشغيل أقصر لفترة زمنية تحتاج إلى مقارنة جدول التشغيل اليومي في كل من الحالتين.

الفصل الثاني عشر

النموذج التقليدي لتحليل التعادل

الفصل الثاني عشر

النموذج التقليدي لتحليل التعادل

1- معنى التعادل:

يتميز الواقع الذي تعمل فيه منشآت الأعمال بالتغير، ويستتبع ذلك حدوث تغيرات في منشآت الأعمال ذاتها، وتتمثل هذه التغيرات في عمليات التوسعات الاستثمارية، إضافة منتجات جديدة، فتح أسواق إضافية، انكماش في النشاط، تخفيضات وزيادات في اقتصاديات التشغيل... إلخ، وفي كل هذه الحالات وغيرها يتطلب الأمر دراسة آثار هذه التغيرات على أهداف المنشأة، ويمكن استخدام أدوات متعددة لإجراء هذه الدراسة، ومن ضمن هذه الإدارات أداة تقليدية يتناولها المحاسبين والإداريين والاقتصاديين ورجال الأعمال بالشرح والمعالجة، هي تحليل التعادل، ذلك حتى يتركز الاهتمام عند استخدام هذه الأداة على تحديد النقطة التي تتعادل عندها جملة عناصر المدخلات (تكاليف) مع جملة عناصر المخرجات (إيرادات)، وذلك لمعرفة آثار تغيرات وسلوك عناصر اقتصاديات التشغيل بهدف تحليل نتائج الفترات الماضية وتقييمها وكذلك تخطيط أعمال الفترات المستقبلة.

تأسيساً على ما سبق، يمكن تقسيم تحليل التعادل *Break-even Analysis* إلى "تحليل بعدي *Ex-post*" أي يتم إنجازه عن فترات ماضية، و"تحليل قبلي *Ex-ante*" عن فترات مستقبلة، وفي كلتا الحالتين يمكن أن يرتكز تحليل التعادل على استخدام الأداة البيانية من خلال الاستعانة بخرائط التعادل *Break-even Chart* أو الأداة الرياضية باستخدام مجموعة من المعادلات الكمية، ولقد أسفرت الأبحاث في مجال تحليل التعادل عن مجموعة من الخرائط والمعادلات الرياضية المجردة التي يمكن الاستعانة بها بالتطبيق في حالات متعددة، وذلك إلى الحد الذي أصبحت فيه هذه الخرائط والمعادلات مكونة لما يمكن تسميته بنموذج تحليل التعادل *Break-even model* ومازالت الأبحاث في هذا النموذج تسفر عن إضافات جديدة

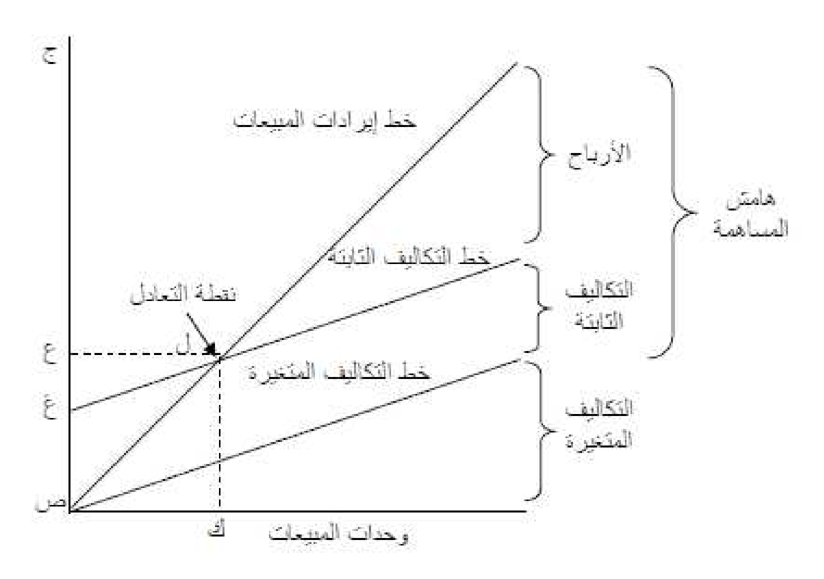
في هذا المجال، هذا ويتناول الكاتب في الفصل الحالي إشارة موجزة إلى نموذج تحليل التعادل مع تحفظه بأن ما ورد بهذا الفصل ما هو إلا مقدمة في تحليل التعادل ثم إعدادها من زاوية واحدة، هي زاوية استخدام تحليل التعادل في مجال المحاسبة الإدارية.

2- خرائط التعادل:

يمكن إظهار نتائج تحليل التعادل في أشكال أو رسوم بيانية متعددة جرت العادة على الإشارة إليها بخرائط التعادل، ويمكن تقسيم هذه الخرائط إلى خرائط تقليدية أخرى متطورة، والخرائط الأخيرة تظهرا بحوث المحاسبة الإدارية من آن لآخر.

أ- الخرائط التقليدية لتحليل التعادل:

استناداً إلى وجود علاقات خطية بين عناصر اقتصاديات التشغيل وحجوم الإنتاج والبيع (بفرض عدم وجود مخزون) يمكن تحديد النقطة التي تتعادل عندها جملة تكاليف الوحدات المنتجة والمباعة مع جملة إيرادات الوحدات المنتجة والمباعة من واقع الرسم البياني التالي الذي يعبر محوره الأفقي عن الوحدات المنتجة والمباعة ومحوره الرأسي عن المقياس المالي لعناصر اقتصاديات التشغيل مع ملاحظة سلوك العلاقات الخطية التي تربط بين النشاط وعناصر اقتصاديات التشغيل كما تم تناولها بالشرح في فصول سابقة.



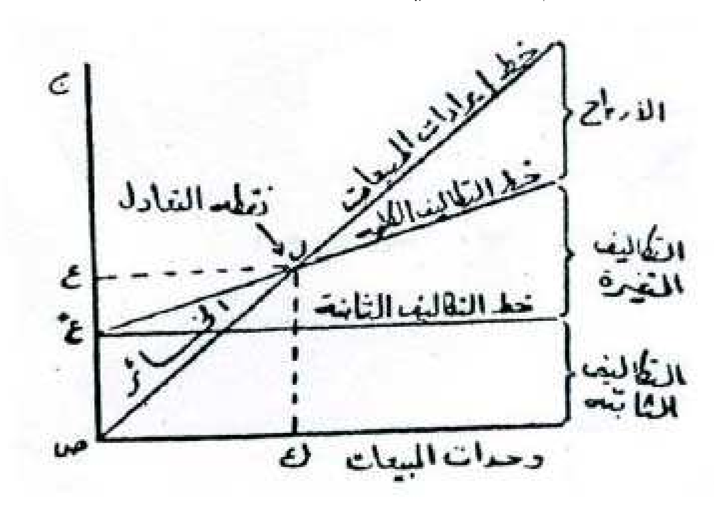
حيث تتحدد نقطة التعادل (ل) عند تقاطع خط إيرادات المبيعات مع خط التكاليف الكلية، وذلك عند إنتاج وبيع (ك) من الوحدات وتحقيق (ع) من إيرادات المبيعات: ويوضح هذا الرسم أيضاً نطاق هامش المساهمة أي المدى الذي تحققه إيرادات المبيعات بعد تغطية التكاليف المتغيرة. ويتضمن هذا المدى التكاليف الثابتة والنتائج الكلية الصافية للتشغيل، فإذا زاد هامش المساهمة عن جملة التكاليف الثابتة تمثلت الزيادة في أرباح كلية صافية في حين تتمثل الخسائر الكلية الصافية فيما عجزت إيرادات المبيعات عن تغطيته من التكاليف المتغيرة والثابتة (أي جملة التكاليف)، مع ملاحظة أن الرسم البياني السابق قد أعد على افتراض أن جملة إيرادات المبيعات تفوق على الأقل ومن بداية التشغيل جملة التكاليف المتغيرة في أي نقطة من نقاط النشاط البيعي[1]، ولذلك فالمثلث (ص ل عَ) يمثل الخسائر الكلية

(1) يمكن بالطبع افتراض عدم كفاية الإيرادات الكلية لتغطية التكاليف المتغيرة الكلية عند بداية التشغيل (أي حتى عند مستوى بيع وحدة واحدة فقط) وفي هذه الحالة يمكن خط الإيرادات الكلية أسفل خط التكاليف المتغيرة مما يعني بداءة عدم وجود نقطة للتعادل حيث تسفر نتائج التشغيل عن خسائر صافية في كافة المستويات البيعية وهذه نتيجة تفرضها العلاقات الخطية لعناصر التشغيل مع مقياس النشاط كما هو الحال في الفرض المحاسبي لسلوك هذه العناصر.

الصافية الناتجة عن عجز إيرادات المبيعات عن تغطية التكاليف الثابتة حالة بيع وحدات نقل عن المقدار (ص ك)، وأنه مع زيادة مقدار الوحدات المباعة حتى بيع الوحدات (ص ك) يتم الوصول إلى نقطة التعادل (ل) حيث تتساوى التكاليف الكلية مع الإيرادات الكلية يكون مقدار الربح الصافي صفر، بمعنى أنه لا توجد أي أرباح أو خسائر كلية صافية.

ومن الملاحظ أن مقدار التكاليف الثابتة يظل ثابتاً في أي مستوى بعيي في الرسم السابق وذلك لأن خط التكاليف الكية يتوازى مع خط التكاليف المتغيرة، ويتحدد مقدار التكلفة الثابتة في أي مستوى بيعي بالفرق بينهما كما تعكسه النقاط المقابلة على المحور الرأسي التي يمكن تحديدها نتيجة لمد خطوط موازية للمحور الأفقي من أي نقطة على كل من خط التكاليف المتغيرة وخط التكاليف الكلية عند أي مستوى بيعي.

هذا، ويمكن أن تعد خريطة التعادل على أساس البدء برسم خط التكاليف الثابتة تم إضافة التكاليف المتغيرة إليها لاستخراج خط التكاليف الكلية ومن ثم تحديد نفس نقطة التعادل عند تقاطع خط الإيرادات الكلية مع خط التكاليف الكية كما مع خط التكاليف الكلية كما يتضح من الرسم البياني التالي.



وبمقارنة الخريطة الأولى مع الخريطة الأخيرة لتحليل التعادل، يمكن القول بأن الخريطة الأولى تركز على توضيح آثار عدم تغطية هامش المساهمة التكاليف الثابتة (كما تتحدد بالمثلث ص ل عَ في الرسم البياني الأول) في حين أن الخسائر الصافية في الخريطة الثانية (كما تتحدد بالمثلث ص ل عً في الرسم البياني الثاني) تمثل عجز إيرادات المبيعات عن تغطية التكاليف الكلية بما فيها من تكاليف متغيرة وثابتة.

ومن الملاحظ أنه كلما اتسعت الزاوية التي يتقاطع عندها خط الإيرادات مع خط التكاليف الكلية كما ازدادت منطقة الأرباح المحتملة، وأنه كلما ضاقت هذه الزاوية كلما انكمشت منطقة الأرباح مما يد لعلى أن التكاليف المتغيرة تشكل جزء كبيراً من تكاليف المبيعات، ومن الواضح أن زاوية السقوط أو التقاطع هذه *Angle of Incidence* لها أهميتها حالة الزواج أو عند احتمال زيادة الطلب على المنتجات بصورة مطردة.

وإذا ما تحدد على وجه اليقين الحد الأعلى لكمية المنتجات التي يمكنهم إنتاجها وتصريفها أمكن معرفة هامش الأمان *Margin of Safety* للمنشأة والذي يتحدد:

- كمياً، بالفرق بين كمية المبيعات عند نقطة التعادل والحد الأعلى لما يمكن إنتاجه وتصريفه من كميات المنتج.
- ومالياً، بالفرق بين قيمة المبيعات عند نقطة التعادل وقيمة المبيعات عند الحد الأعلى لما يمكن إنتاجه وتصريفه من كميات المنتج.

هذا، ويمكن التعبير عن ها مش الأمان في شكل نسبة مئوية من كمية أو قيمة المبيعات عند حدها الأعلى المتاح، وذلك بقسمة هامش الأمان بالكمية على كمية الحد الأعلى المتاح للمبيعات وضرب الناتج في مائة وذلك في الحالة الأولى،

وقسمة قيمة هامش الأمان على قيمة الحد الأعلى المتاح للمبيعات وضرب الناتج في مائة وذلك في الحالية الثانية.

هذا، ويمكن التعبير عن نقطة التعادل باستخدام بعض العلاقات الرياضية المبسطة التي ترتكز على المعادلة التالية:

عند نقطة التعادل نجد أن:

الإيرادات الكلية = التكاليف الكلية.

الإيرادات الكلية = التكاليف الثابتة + التكاليف المتغيرة.

أو

الإيرادات الكلية – التكاليف المتغيرة = التكاليف الثابتة.

أو

هامش المساهمة الإجمالي = التكاليف الثابتة

ونظراً لأن:

هامش المساهمة الإجمالي = هامش مساهمة الوحدة × عدد الوحدات

∴ عند التعادل نجد أن:

هامش مساهمة الوحدة × عدد الوحدات = التكاليف الثابتة

وعليه فإن:

عدد وحدات كمية التعادل = التكاليف الثابتة ÷ هامش مساهمة الوحدة

وبالتالي فإن قيمة المبيعات عند التعادل ما هي إلا ضرب كمية التعادل في سعر البيع للوحدة الواحدة.

ويمكن التعبير عن المعادلة الأخيرة بالرمز كما يلي:

ك = ث ÷ هـ .... (1)

حيث:

ك = كمية التعادل

ث = التكاليف الثابتة

هـ= هامش مساهمة الوحدة

أو

هـ = ع – م

حيث

ع = سعر بيع الوحدة

م = التكلفة المتغيرة للوحدة

∴ ك = ث ÷ (ع – م) .... (2)

وبالتالي فإن قيمة المبيعات عند التعادل (بفرض إنها ق) يمكن التعبير عنها كما يلي:

ق = ك × ع

والنقطة التي تربك بين ك و ق في الرسوم البيانية السابقة هي ل أو نقطة التعادل.

مثال:

عند إعداد الموازنة التخطيطية لأحدى الشركات الصناعية قدمت إليك البيانات التالية:

- سعر بيع الوحدة : 10 ج
- التكاليف الثابتة : 80000 ج

- التكلفة المتغيرة في الوحدة الواحدة : 6 ج

- الطاقة الكلية المتاحة للإنتاج والبيع : 3000 وحدة

والمطلوب:

1- تحديد نقطة التعادل بالكمية.
2- تحديد قيمة المبيعات عند التعادل.
3- تحديد هامش الأمان بالكمية والقيمة.
4- تحديد نسبة هامش الأمان بالكمية والقيمة.
5- إعداد خريطة التعادل.

الحل

1- نقطة التعادل بالكمية:

ع = 10 ج

ث = 80000 ج

م = 6 ج

هـ = ع – 5 = 10 ج – 6 ج = 4 ج

∴ كمية التعادل

ك= ث ÷ هـ

= 80000 ÷ 4 = 20000 وحدة

2- قيمة المبيعات عند التعادل:

ق= ك × ع

= 20000 × 10 = 200000 ج

3- هامش الأمان:

أ- بالكمية = الطاقة الكلية المتاحة بالوحدة – كمية التعادل

= 30000 – 20000 = 10000 وحدة

ب- بالقيمة = قيمة مبيعات وحدات الطاقة الكلية المتاحة

- قيمة مبيعات التعادل

= 30000 × 10 – 20000 × 10 =

= 300000 – 200000 = 100000 ج

4- النسبة المئوية لهامش الأمان:

أ- بالكمية = (هامش الأمان بالكمية ÷

الطاقة الكلية المتاحة بالوحدات) × 100

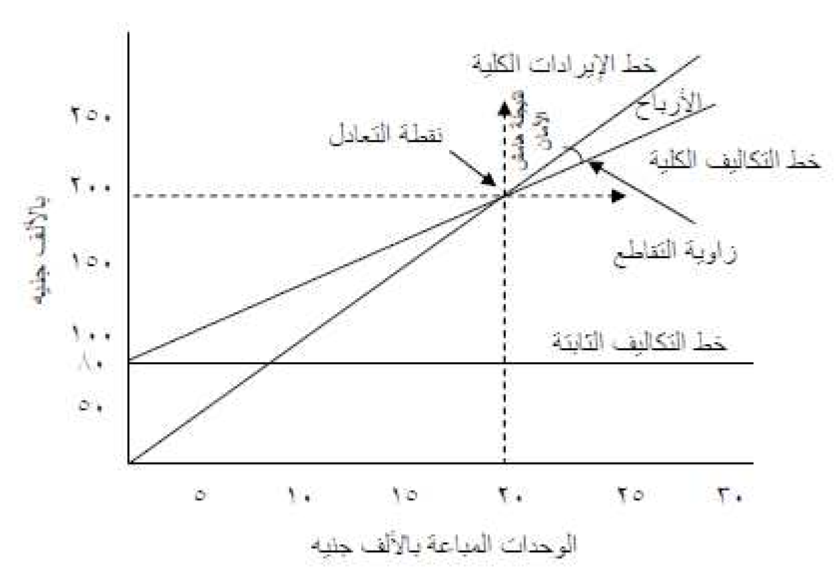
= (10000 × 30000) × 100 = 33.3%

ب- بالقيمة = (هامش الأمان بالقيمة ÷

قيمة مبيعات الطاقة الكلية المتاحة) × 100

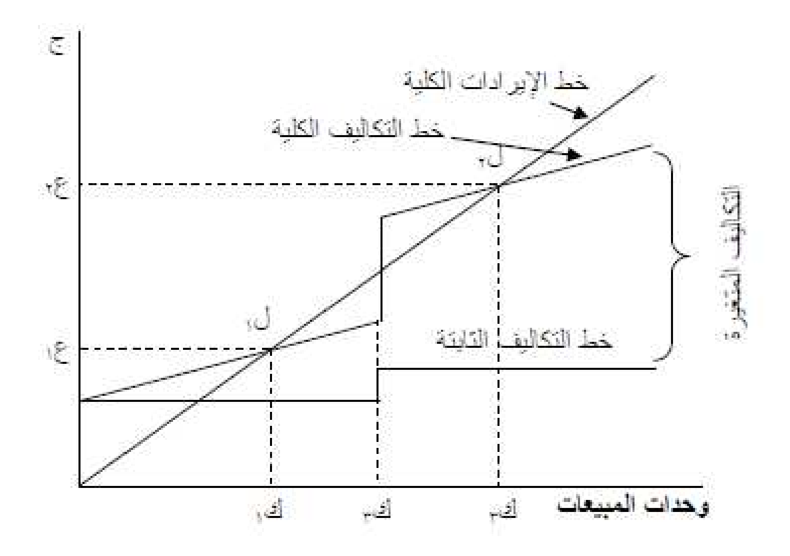
= (100000 ÷ 300000) × 100 = 33.3 %

5- خريطة التعادل:



ب- خريطة التعادل حالة التغيرات السلمية في التكاليف:

تفـترض خـرائط التعـادل الـواردة بالبنـد السـابق، إن التكـاليف الثابتـة الكليـة يظـل مستواها ثابتاً عند كافة مستويات النشـاط، ومـع ذلـك فـإن التكـاليف الثابتـة قـد تقفـز (أو تهبط) لمستويات أخرى في شكل سلمي، ويوضح الرسم البيـاني التـالي خريطـة التعـادل حالـة حدوث تغيرات سلمية في خط التكاليف الثابتة:



عند النقطة ك$_2$ في مستوى الوحدات المباعة تقفز التكاليف إلى مستوى أعـلى ويترتـب على ذلك زيادة في التكاليف الكلية بـنفس المقـدار. وتمثـل المثلثـات المظلـة بخطـوط طويلـة مناطق الخسائر، هذا مع ملاحظة أن هناك أكـثر مـن نقطـة واحـدة للتعـادل، النقطـة الأولى للتعادل ل$_1$ تتحد عند إنتاج وبيـع كميـة حتـى النقطـة ك$_1$، أمـا النقطـة الثانيـة للتعـادل ل$_2$ فتحدد عند مقدار أكبر محدد بإنتاج وبيع كمية حتى النقطة ك$_2$، وتتمثل قيمة المبيعات عند التعادل في النقطة الأولى بالقيمة ع$_1$، وبالقيمة ع$_2$ في حالة التعادل الثانية.

ج- خريطة التعادل في ظل القرض الاقتصادي التقليدي لسلوك عناصر اقتصاديات التشغيل:

في ظل الفرض الاقتصادي التقليدي لسلوك عناصر اقتصاديات التشغيلي يفترض أن السعر (أو متوسط الإيراد) يتناقص مع زيادة كمية المبيعات أما في ظل الفرض المحاسبي التقليدي فإنه يفترض ثبات السعر في الأجل القصير والفرض الأخير سليم تماماً عند التحليل بالارتباط مع مدى ضيق النشاط الإنتاجي والبيعي.

القاعدة في التحليل لسلوك عناصر اقتصاديات التشغيل أ،ه مع زيادة التكلفة الحدية (بمفهومها الاقتصادي) عن الإيراد الحدي تتناقص الأرباح الصافية وتحدث الخسائر، وأنه طالما كانت التكلفة الحدية أقل من الإيراد الحدي فإنه من المفضل زيادة الإنتاج والبيع إلى الحد الذي تتساوى فيه الكلفة الحدية مع الإيراد الحدي، وعند هذا الحد تتحقق للمشروع أكبر أرباح ممكنة أي يتم تعظيم ربحيته لأنه إذا ما تعدى المشروع هذا الحد بدأت أرباحه الكلية في التناقص كما يتضح من الرس البياني المبسط التالي.

حيث تتحدد منطقة الأرباح الصافية بالمنطقة المظللة بالخطوط المائلة فيما بين خط متوسط الإيراد (السعر) ومنحنى متوسط التكلفة الكلية. عند إنتاج ككية قدرها ك*، يتم الوصول للربحية العظمى حيث يتقاطع منحنى التكلفة الحدية مع خط الإيراد الحدي، كما أن هناك نقطتين للتعادل، الأولى $ل_1$ حيث يتم إنتاج $ك_1$ والثانية $ل_2$ حيث يتم إنتاج $ك_2$ وعند كل من هاتين النقطتين يتعادل متوسط التكلفة الكلية مع متوسط الإيراد أو السعر، ومن الملاحظ أن الفرض الاقتصادي الخاص بتناقص السعر مع زيادة الكمية المباعة له سنده العملي والمنطقي، ومع ذلك فإن الفرض المحاسبي الخاص بالمبيت السعر ما هو إلا نتيجة للرغبة في تبسيط سيلوك اقتصاديات التشغيل وعرض هذا السلوك في شكل علاقات خطية مع الكميات المنتجة والمباعة.

3- آثار تغييرات عناصر اقتصاديات التشغيل:

يمكن تصنيف عناصر اقتصاديات التشغيلي في أربعة مجموعات كما يلي:

أ- أسعار البيع.

ب- التكاليف المتغيرة.

ج- التكاليف الثابتة.

د- حجوم الإنتاج والبيع.

ومن الواضح أنه مع تغير عنصر أو أكثر من العناصر الثلاثة الأولى تتغير نقطة التعادل، ومع تغير العنصر الرابع يتغير هامش الأمان، وفيما يلي إشارة مختصرة إلى آثار تغيرات هذه العناصر على تحليل التعادل.

أ- آثار تغيرات أسعار البيع:

بالرجوع إلى بيانات المثال السابق، افترض أن سعر بيع الوحدة قد ارتفع إلى 4 ج، ولذلك فإن كمية وقيمة التعادل يتحددان كما يلي:

هـ = ع – م = 14 – 6 = 8 ج

∴ كمية التعادل = 80000 ÷ 8 = 10000 وحدة

∴ قيمة مبيعات التعادل = 10000 وحدة × 14 ج/وحدة = 140000 ج

أما إذا انخفض سعر البيع إلى 9 ج للوحدة، فإن كمية وقيمة التعادل يتحددان كما يلي:

كمية التعادل = 80000 ÷ 3 = 26667 وحدة تقريباً

قيمة التعادل = 26667 × 9 = 240003 ج

ولذلك يلاحظ أنه مع زيادة سعر بيع الوحدة تنخفض كمية وقيمة التعادل بينما ترتفع كمية وقيمة التعادل مع انخفاض سعر بيع الوحدة، وبالتالي فإن هامش الأمان يزداد مقداره (بالكمية والقيمة) ونسبته حالة زيادة سعر البيع وينخفض مقداره (بالكمية والقيمة) ونسبته حالة انخفاض سعر البيع.

ب- آثار تغيرات التكاليف المتغيرة:

بافتراض أن التكلفة المتغيرة في الوحدة المباعة قد ارتفعت إلى سبعة جنيهات وبقيت باقي العناصر دون تغيير فإن كمية التعادل ترتفع إلى 26667 وحدة تقريباً وقيمة التعادل ترتفع بالتالي إلى 266670 ج، أما في حالة انخفاض التكلفة المتغيرة في الوحدة إلى 2 ج فإن كمية التعادل تنخفض إلى 10000 وحدة وكذلك تنخفض قيمة التعادل إلى 100000 ج.

ويترتب على ذلك انخفاض هامش الأمان حالة الزيادة في التكلفة المتغيرة للوحدة وارتفاع هذا الهامش حالة انخفاض التكلفة المتغيرة للوحدة.

ومن الواضح أن تغيرات سعر البيع للوحدة ينتج عنه آثار عكسية لما تسفر عنه تغيرات التكلفة المتغيرة للوحدة، ويمكن التأكد من ذلك بإدخال التعديلات المناسبة على خريطة التعادل الواردة في معرض تحليل المثال السابق، هذا بالإضافة إلى التحليل الرياضي السابق الذي يوضح نفس النتائج التي يمكن الحصول عليها حالة إعداد خريطة التعادل.

ويلاحظ أن زيادة سعر البيع يترتب عليه زيادة في الحجم الكلي لهامش المساهمة مساوية لزيادة قيمة المبيعات الكلية المتاحة:

	الوضع قبل زيادة سعر البيع	الوضع بعد زيادة سعر البيع إلى 14ج	الفروق
المبيعات (طاقة كلية متاحة قدرها 30000 وحدة)	300000	420000	120000
(30000 وحدة × 6 ج/ للوحدة)	180000	180000	-
هامش المساهمة الكلي	120000	240000	120000

بمعنى أن زيادة سعر بيع الوحدة مـن 10ج إلى 14ج يترتـب عليـه زيـادة إجماليـة في قيمة المبيعات الكلية المتاحة قدرها 120000ج وهي نفـس الزيـادة التـي تحـدث في هـامش المساهمة الكلي أو في صافي الربح الكلي نظراً لعدم حدوث تغيير في التكـاليف الثابتـة الكليـة مع ثبات معدل التكلفة المتغيرة في الوحدة الواحدة، كما أنه يترتب عـلى انخفـاض سـعر بيـع الوحدة إلى 9 ج انخفاض هامش المساهمة الكلي وصافي الربح الكـلي بمقـدار مسـاوي لمقـدار انخفاض القيمة الكلية للمبيعات المتاحة، هـذا ويمكـن ملاحظـة نتـائج عكسـية لـذلك حالـة ارتفاع وانخفاض التكلفة المتغيرة في الوحدة على التوالي.

ج- آثار تغيرات التكاليف الثابتة:

يترتب على ارتفاع التكاليف الثابتة الكلية (مع بقاء باقي العناصر على مـا هـي عليـه) أن تزداد كمية وقيمة التعادل، أما في حالة انخفاض التكاليف الثابتة الكلية فيحدث انخفـاض في كمية وقيمة التعادل، وبالتالي فإن هـامش الأمـان يقـل في الحالـة الأولى ويـزداد في الحالـة الثانية.

فإذا فرض أن التكاليف الثابتة قد ارتفعت إلى 100000 ج فإن:

كمية التعادل = 100000 ج ÷ 4 ج = 25000 وحدة

قيمة التعادل = 25000 وحدة × 10ج/وحدة = 250000 ج

∴ كمية هامش الأمان = 30000 وحدة – 25000 وحدة = 5000 وحدة

بنسبة = (5000 ÷ 3000) × 100 = 17 % تقريباً

قيمة هامش الأمان = 300000 ج – 250000 ج = 50000 ج

بنسبة = (50000 ÷ 300000) × 100 = 17% تقريباً

أما إذا فرض أن التكاليف الثابتة قد انخفضت إلى 60000 ج فإن:

كمية التعادل = 60000 ج ÷ 4 ج = 1500 وحدة

قيمة التعادل = 15000 وحدة × 10 ج/وحدة = 150000 ج

∴ كمية هامش الأمان = 30000 وحدة – 15000 وحدة = 15000 وحدة

بنسبة = (15000 ÷ 30000) × 100 = 50 %

قيمة هامش الأمان = 300000 ج – 150000 ج = 150000 ج

بنسبة = (150000 – 300000) × 100 = 50 %

ويمكن تلخيص النتائج السابقة كما يلي:

الوضع القياسي (ث = 80000ج)	ارتفاع التكاليف الثابتة إلى 100000 ج	انخفاض التكاليف الثابتة غلى 60000ج
كمية التعادل بالوحدة 20000	25000	15000
قيمة التعادل بالجنية 200000	250000	150000
كمية هامش الأمان 10000	5000	15000
قيمة هامش الأمان 100000	50000	150000
نسبة هامش الأمان 33.3%	%17	%50

ويوضح الجدول السابق آثار ارتفاع وانخفاض التكاليف الثابتة بنسبة 25% مقاسة بالنسبة للوضع القياسي حالة وجود تكاليف ثابتة كلية قدرها 80000ج.

د- آثار تغيرات حجوم الإنتاج والبيع:

بافتراض أن الطاقة الكلية المتاحة للإنتاج والبيع قد ارتفعت دون أن يصاحب ذلك أي تغيرات في باقي عناصر اقتصاديات التشغيل فإن كمية وقيمة التعادل لن تتأثر كما يتضح من تحليل العناصر التي تعالجها معادلة التعادل، ولكن من الواضح

أن تغيرات الطاقة الكلية المتاحة للإنتاج (بفرض أنها لن تقل عن كمية وقيمة التعادل) والبيع يترتب عليها تغيرات في مقدار (كمية وقيمة) هامش الأمان ونسبته المئوية.

4- تخطيط الأرباح باستخدام تحليل التعادل:

يعني وضع التعادل تساوي الإيرادات الكلية مع التكاليف الكلية أي:

ك × ع = ث + ك م

وفي حالة الرغبة في تحقيق ربح صافي كلي قدره ر يتم إضافة ر إلى المعادلة السابقة:

ك . ع = ث + ك . م + ر

ك . ع – ك . م = ث + ر

ك(ع – م) = ث + ر

ك . هـ = ث + ر

∴ ك = (ث + ر) ÷ هـ

فإذا فرض أن المشروع في المثال السابق يرغب في معرفة مستوى المبيعات الذي يحقق له أرباح صافية قدرها 20000 ج فإن هذا المستوى بالكمية =

(80000 + 20000) ÷ 4 = 100000 ÷ 4 = 25000 وحدة

بالقيمة = 25000 وحدة × 10 ج/ وحدة = 250000 ج

وتقو قائمة الدخل في هذه الحالة كما يلي:

	ج
- المبيعات (25000 وحدة × 10 ج/وحدة)	250000
- تكاليف متغيرة (25000 وحدة × 6ج/وحدة)	150000
هامش المساهمة الكلي	100000
- التكاليف الثابتة الكلية	80000
صافي الربح الكلي (مستوى الربح المرغوب تحقيقه)	20000

5- حدود استخدام تحليل التعادل:

يسهل استخدام تحليل التعادل لتخطيط الإنتاج والمبيعات والربحية حالة عدم وجود مخزون وحدات تامة أو عدم وجود تغيرات في المخزون من فترة لأخرى، وقد يبدو أن هذا الغرض قد يكون غير مقبولاً عملياً. فإذا كان هناك مخزون فعلي (أو منظر) في نهاية المدة أصبح من الواجب دراسة الأسلوب الذي تقيمه المنشأة في معالجة التكاليف الثابتة على وجه الخصوص، لأنه إذا كان النظام المتبع في المحاسبة عن التكاليف يرتكز على أسلوب التحميل الكلي التكاليف فإن جزء من التكاليف الثابتة سوف يحمل على الوحدات المخزونة نهاية المدة مما يعني وجود اختلاف بين أساس حساب الدخل الفعلي وأساس حساب الدخل المخطط بواسطة تحليل التعادل، ذلك التحليل الذي يفترض عدم وجود مخزون (أو عدم وجود تغيرات في المخزون) وبالتالي تحميل كل التكاليف الثابتة على الوحدات المباعة في كل فترة زمنية على حدة، وإذا ما اختلف أساس المقارنة أصبحت المقارنة ذاتها غير ذات نفع، ولعلاج هذه المشكلة يمكن إتباع أسلوب تسجيل فعلي مماثل لأسلوب تحليل التعادل أي تحميل الوحدات المباعة فقط بالتكاليف المتغيرة أو تعديل الدخل المخطط بما يتناسب مع الأسلوب المتبع في تسجيل وتحميل التكاليف الفعلية.

هذا، ويفترض النموذج التقليدي لتحليل التعادل وجود علاقات خطية بين عناصر اقتصاديات التشغيل ومستويات النشاط الإنتاجي/البيعي، وهذا الافتراض قد

يكون غير عملي، فقد تتمثل علاقات عناصر اقتصاديات التشغيل مع مستويات النشاط (من الناحية العملية والنظرية) في علاقات غير خطية يفرض تحليلها مجهودات إضافية حتى يتسنى استخدام تحليل التعادل على وجه سليم، ومع ذلك فإن فرض وجود "علاقات خطية" في النموذج التقليدي لتحليل التعادل ما هو إلا للتبسيط ويصح استخدامه إذا ما أخذ في الاعتبار حدوداً ضيقة للنشاط، ويجب باستمرار التذكر بأن فرض وجود هذه العلاقات الخطية يضع قيداً محدداً على استخدامات تحليل التعادل خاصة حالة اعتبار ودراسة مستويات موسعة النشاط.

كما أنه من الملاحظ أن النموذج التقليدي لتحليل التعادل يفترض معالجة عناصر اقتصاديات التشغيل على أنها تظل في مناع ثابتة *Static* بمعنى افتراض ثبات درجات الكفاية في استخدام الموارد، وعدم حدوث تغيرات تكنولوجية فيها، وعدم وجود وفورات عند استخدام حجوم مختلفة للتسهيلات الإنتاجية والبيعية، وكذلك ثبات أسعار وعناصر التكاليف والخدمات الإنتاجية والبيعية، وفي جانب الإيراد يفترض هذا النموذج عدم تغير أسعار البيع، وبالتالي إذا كانت المنشأة تنتج أكثر من سلعة واحدة، فإنه يفترض عدم تغير خلطة المبيعات ومع ذلك يمكن إعداد خرائط التعادل حالة تعدد المنتجات تولكن تنشأ صعوبات عملية ونظرية حالة حدوث تغيرات فعلية في خلطة المبيعات من شأنها أن تصعب من عملية مقارنة نتائج التعادل لخلطة متوقعة للمبيعات تختلف عن الخلطة التي حدثت فعلاً.

وجدير بالذكر أيضاً أن النموذج التقليدي لتحليل التعادل يفترض أنه في الإمكان قياس تغيرات التكاليف بالارتباط مع عنصر واحد وهو مستوى النشاط الإنتاجي والبيعي، وقد لا يصح الاستناد إلى هذا الفرض في كافة الأحوال كما سبق بيانه في فصول سابقة، فعناصر التكاليف قد ترتبط بعوامل أخرى خلاف مستويات النشاط المحققة.

هذا ويمكن تطوير النموذج التقليدي لتحليل التعادل من خلال المعالجة السليمة للفروض السابقة التي تحد من مجال استخدام هذا النموذج، فيمكن على سبل المثال أخذ فروق المخزون في الاعتبار عند تحليل التعادل، وكذلك معالجة عناصر التشغيل من تكلفة وإيراد على أساس وجود علاقات غير خطية مع مستويات النشاط، كما يمكن أيضاً افتراض وجود قيم احتمالية لهذه العناصر بدلاً من فرض وجود قيم ثابتة غير متحركة أو تقديرات وحيدة القيمة... إلخ، ولكن مثل هذه الإصلاحات تقع خارج نطاق هذه المقدم المبسطة النموذج التقليدي لتحليل التعادل ويحتاج مثل هذا التطوير إلى بحوث مستقلة متقدمة. ومع ذلك فإن هذا لا ينفي بالقطع المنفعة العامة للنموذج التقليدي لتحليل التعادل طالما كانت الحدود السابقة لهذا النموذج واضحة في الأذهان.

الفصل الثالث عشر

خرائط مراقبة الجودة

الفصل الثالث عشر

خرائط مراقبة الجودة

إن الوحدات التي تنتجها آلة أو عاملة ما، ما دار ما تكون متشابهة، والسبب الأول وراء ذلك قد تكون الصدفة البحتة، كما قد تكون عوامل معينة هي التي أدت إلى ذلك مثل:

1- الاختلاف بين الآلات.

2- الاختلاف بين العمال.

3- الاختلاف في المواد الخام.

4- الاختلاف في كل من العوامل السابقة في المدى الزمني.

5- الاختلاف في علاقة العوامل السابقة بعضها ببعض.

والانحرافات بين الوحدات المنتجة التي ترجع إلى الصدفة يمكن التنبؤ بها مقدماً، فكما ذكرنا عند الكلام عن التوزيع المعتاد في لاحق الكتاب أن الصدفة قد تجعل 99.7% من القيم تنحرف عن الوسط الحسابي لها بما يساوي ثلاث انحرافات معيارية زيادة ونقصاً. أما إذا انحرفت القيم عن وسطها الحسابي أكثر من ذلك، فإن معنى ذلك أن هناك عوامل أخرى لعبت دوراً[1]. وهذا وهو الأساس الذي نبني عليه خرائط الرقابة. أي أننا نفترض أنه إذا تدخلت الصدفة وحدها، ولم تتدخل عوامل خارجية أخرى فإن قيم الوحدات المنتجة تخضع لخواص التوزيع التكراري الطبيعي (99.7% منها تقع بين الوسط 13 انحرافات).

إن طريقة التوزيع التكراري في التحليل الإحصائي البيانات تستعمل الأخطاء صورة كاملة عن الموقف في لحظة بالذات، أو التلخيص النتائج التي حصلنا عليها

---

(1) أن وقوع القيم داخل هاذين الحدين (زائد وناقص ثلاث انحرافات معيارية) ليس معناه بالطبع إلغاء وجود عوامل أخرى غير الصدفة.

عن فترة زمنية طويلة، والسكن الحصول على صورة مستمرة للنتائج في وقت حدوثها خلال الفترة الزمني قد يكون مرغوباً فيه، وهذا ما يمكن عمله عن طريق رسم خرائط الرقابة. ويرى (*Chewart*) الذي استحدث خرائط الرقابة هذه، أن لها ثلاث فوائد:

1- تستعمل لتحديد مستوى الجودة بالنسبة للعملية الصناعية الذي يجب أن تعمل المنشأة على الوصول إليه.

2- تستعمل كوسيلة لمحاولة الوصول إليه.

3- تستعمل كوسيلة للحكم على مدى قرب الوصول إلى ذلك الهدف.

خرائط الرقابة للوحدات المنتجة التي يمكن قياسها (التي يمكن تقسيمها كمياً):

خرائط الرقبة في هذه الحالة ثلاثة خريطة المتوسطات لضبط متوسط قيم الوحدات التي تنتجها العملية الصناعية، وخريطة المدى لضبط مدى قيم الوحدات التي تنتجها العمليات الصناعية، بالإضافة إلى خريطة المفردات المنتجة نفسها. ولشرح كيفية عمل خرائط المراقبة أخذت عينات حجم كل منها 4 مفردات في فترات زمنية دورية، وسجلت القيم في الجدول التالي ولتحديد سبب الانحرافات بين هذه القيم، وهل هي الصدفة، أم أسباب أخرى يجب علينا أن نحسب الانحراف المعياري للمفردات والمتوسطات والمدى، ولكن حساب الانحراف المعياري باستمرار صعب، لذلك فإننا نستطيع أن نستعمل الجدول المرافق للجدول التالي لحساب الحدود العليا والدنيا لخرائط الرقابة والتي تعادل الوسط زائد أو ناقص ثلاث انحرافات معيارية، وأساس الحساب في هذا الجدول، وحجم العينة.

وتستعمل في حساب الحدود العليا والدنيا، والقوانين المذكورة في ذلك الجدول...

رقم القيمة	المفردات			
1	14.0	15.5	15.2	13.6
2	12.8	14.8	13.1	15.0
3	13.1	13.2	11.8	13.8
4	13.5	14.4	15.7	12.0
5	16.0	12.0	13.4	15.4
6	14.1	12.8	15.9	16.0
7	15.1	17.0	18.7	16.8
8	17.1	17.1	18.7	13.1
9	18.1	16.4	16.5	15.9
10	15.7	17.4	16.0	16.5
11	16.7	17.3	13.3	16.2
12	15.6	14.0	15.3	16.1
13	12.1	17.8	14.7	15.4
14	15.5	14.6	14.7	18.8
15	11.6	13.8	14.3	14.0
16	15.4	14.8	14.0	13.1

جداول العوامل اللازمة لحساب الحدود العليا والدنيا في خرائط الرقابة

حجم العينة	خريطة مجموعة المدى		خريطة الأوساط	خريطة المفردات
	D_3	D_4	A_2	F_2
2	صفر	3.27	1.88	2.66
3	صفر	2.57	1.02	1.77
4	صفر	2.28	0.73	1.46
5	صفر	2.11	0.58	1.29
6	صفر	2.00	0.48	2.18
7	0.08	1.92	0.42	2.11
8	0.14	1.86	0.37	1.05
9	0.18	1.82	0.347	1.01
10	0.22	1.78	0.31	0.97
11	0.26	1.74	0.29	0.95
12	0.78	1.72	0.27	0.92
13	0.31	1.69	0.25	0.90
14	0.33	1.67	0.24	0.80
15	0.35	1.65	0.22	0.86

الحدود العليا والدنيا للمفردات = الوسط الكبير + المدى المتوسط × E_2

الحد لأعلى لمجموعة المدى = المدى المتوسط × D_4

الحد الأدنى لمجموعة المدى = المدى المتوسط × D_3

طرقة عمل خرائط الرقابة:

1- اختر حجماً مناسباً للعينة.

2- خذ عينات وسجل قيمتها.

3- احسب الوسط والمدى لكل عينة.

4- احسب الوسط الكبير والمدى المتوسط.

5- ارسم خريطة الرقابة لمجموعة المقرهات بعد اختيار مقياس رسم مناسب

6- ارسم خريطة الرقابة لمجموعة الأوساط.

7- ارسم خريطة الرقابة لمجموعة المدى.

8- ضع خطاً يمثل الوسط الكبير على خريطتي المفردات و الأوساط.

9- ضع خطاً يمثل المدى المتوسط على خريطة مجموعة المدى.

10- احسب الحدود العليا والدنيا لمجموعة المدى من الجدول وضع خطاً يمثل الحد الأعلى وخطاً يمثل الحد الأدنى على خريطة المدى.

11- اختبر خريطة مجموعة المدى لمعرفة هل النقاط تقع بين الحدين الأعلى والأدنى. فإن كان كل النقاط تقع بين الحدين الأعلى والأدنى فمعنى ذلك أن الانحرافات بين مجموعة لمدى في النطاق الذي يكن أن يأتي نتيجة للصدفة. أما إذا وقعت بعض النقاط خارج هذين الحدين فمعنى ذلك أن هناك سبباً لذلك يجب البحث عنه وعلاجه.

12- احسب الحدود العليا والدنيا لمجموعة الأوساط من الجدول وارس خطين يمثلان الحد الأعلى والأدنى على خريطة مجموعة الأوساط.

13- اختبر خريطة مجموعة الأوساط لمعرفة هل كل النقط داخله في نطاق الحدين الأعلى والأدنى. فموقع جميع الأوساط داخل الحدين المذكورين معناه أن الانحرافات بين الأوساط فاتجه عن الصدفة البحتة. أما وقوع بعض النقاط خارج الحدين المذكورين فمعناه أن هناك سبباً لذلك يجب البحث عنه وعلاجه فكما ذكرنا سابقاً، هناك احتمال 3 في الألف أن تقع أي قيمة خارج هذين الحدين.

14- احسب الحدود العليا والدنيا لمجموعة المفردات من الجدول، وضع خطين يمثلان الحد الأعلى والحد الأدنى على خريطة مجموعة المفردات، واختبر النقط المرسومة بنفس الطريقة السابقة.

حل المثال السابق (انظر الجدول التالي)....

رقم العينة	مفردات العينة				وسط العينة	مدى العينة
1	14.0	15.5	15.2	13.6	14.6	1.9
2	12.8	14.8	13.1	15.0	13.9	2.2
3	13.1	13.2	11.8	13.8	13.0	8.0
4	13.5	14.4	15.7	12.0	13.9	3.7
5	16.0	12.0	13.4	15.4	14.2	4
6	14.1	12.8	15.9	16.0	14.7	3.2
7	15.1	17.0	18.7	16.8	16.9	3.6
8	17.1	17.1	18.7	13.1	16.8	6.6
9	18.1	16.4	16.5	15.9	16.8	2.5
10	15.7	17.4	16.0	16.5	16.3	2.2
11	16.7	17.3	13.3	16.2	15.9	4.0
12	15.6	14.0	15.3	16.1	15.2	2.4
13	12.1	17.8	14.7	15.4	15.4	4.3
14	15.5	14.6	14.7	18.8	15.6	3.2
15	11.6	13.8	14.3	14.0	13.4	2.7
16	15.4	14.8	14.0	13.1	14.3	2.7
المجموع					240.9	50.8

ملحوظة:

في حساب الحدود العليا والدنيا لخرائط المراقبة يراجع الجدول الخاص بخرائط الرقابة والذي أساس الحساب فيه هو حجم العينة = 4 في هذا المثال.

الوسط الكبير = مجموع جميع الأوساط ÷ عدد العينات =

$15.1 = 16 \div 240.9$

المدى المتوسط = مجموع جميع المدى ÷ عدد العينات =

$3.2 = 16 \div 50.8$

لاستعمال الجدول المذكور نجد أن حجم العينة في هذا المثال هـو 4 مفـردات ولـذلك ننظر في العمود "حجم العينة" ونجد 4 فنأخذ الأرقام تحت أعمدة E_2, A_2, D_3, D_4 الموجودة في السطر الموجودة فيه 4 فنجد أن $4 = D_3$، $2.28 = D_4$، $0.73 = A_2$، $1.46 = E_2$

الحد الأعلى لمجموعة المدى:

= المدى المتوسط × D_4 = 3.2×2.28 = 7.3 تقريباً

الحد الأدنى لمجموعة المدى:

= المدى المتوسط × D_3 = 3.2 × صفر = صفر

الحد الأعلى لمجموعة الأوسط:

= الوسط الكبير + (المتوسط × A_2)

$= 15.1 + (0.73)(3.2) = 15.1 + 2.3 = 17.4$

الحد الأدنى لمجموعة الأوسط:

= الوسط الكبير – (المدى المتوسط × A_2)

$= 15.1 - (0.73)(3.2) = 15.1 - 2.3 = 12.8$

الحد الأعلى لمجموعة المفردات:

= الوسط الكبير + (المدى المتوسط × E_2)

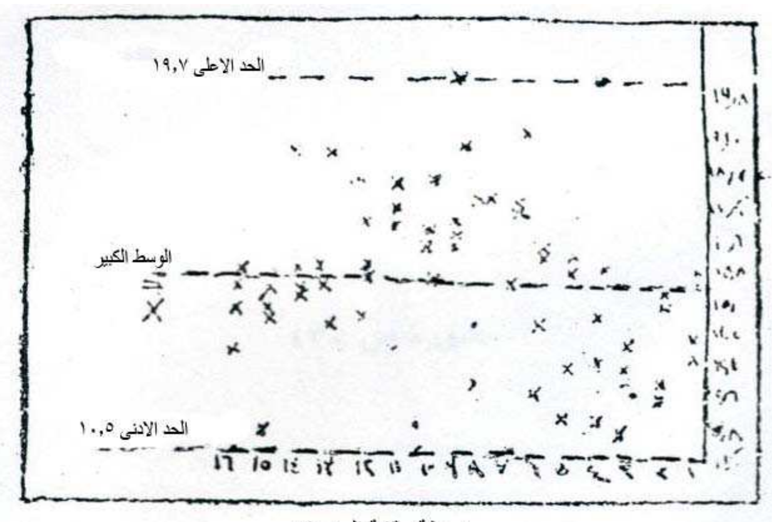
$= 15.1\ (1.46 \times 3.2) = 15.1 + 4.6 = 19.7$

الحد الأدنى لمجموعة المفردات:

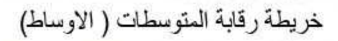
= الوسط الكبير (المدى المتوسط × E_2)

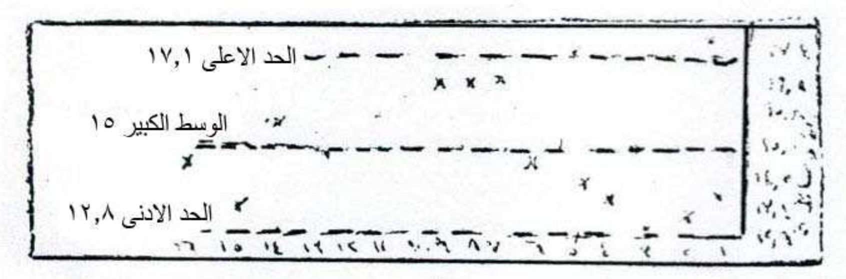
$= 15.1 - (1.46 \times 3.2) = 15.1 - 4.6 = 10.5$

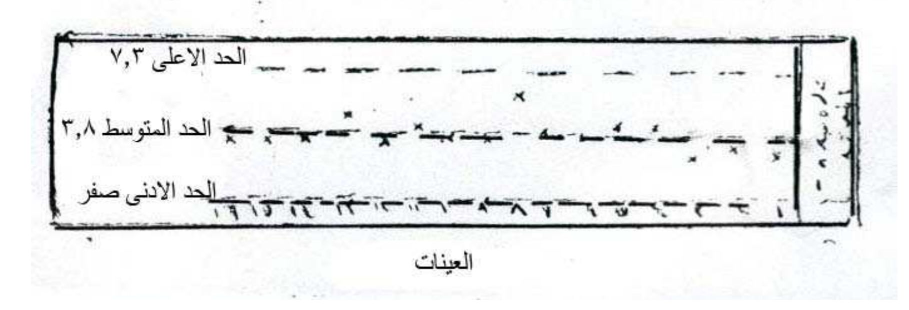
وبعدئذ يرسم المثال السابق كما سبق.



خريطة رقابة المفردات


خريطة رقابة المتوسطات (الاوساط)





العينات

<u>اختيار الخرائط الثلاثة:</u>

1- خريطة مجموعة المدى تدل على أن الانحرافات بين المدى فاتجه عن الصدفة وحدها.

2- خريطة مجموعة الأوساط تدل على أن الانحرافات بين الأوساط المختلفة ناتجة عن الصدفة وحدها.

3- رسم مجموعة المفردات يدل كذلك على أن الانحرافات بين المفردات طبيعية.

أن خريطة الرقابة بمثابة الضوء الأحمر الذي يضئ، عندما يكون هناك سبباً معيناً سيسبب انحرافات في العملية الصناعية فهي تظهر أعراض هذا السبب مما يسهل علاجه. وبذلك نستقيم العملية من جديد. وبهذه الطريقة كانت خرائط المراقبة.

1- وسيلة لتجديد الهدف الذي يجب أن تحاول المنشأة الوصول إليه في مستوى الجودة، وذلك بتحديدها الحد الأعلى والأدنى لقيم الوحدات المنتجة، إذا تدخلت الصدفة وحدها.

2- وسيلة لمحاولة الوصول إلى ذلك الهدف، وذلك عن طريق التنبيه إلى لانحرافات غير الطبيعية التي تحدث.

3- استعمالها المستمر بين مدى وصولنا إلى مستوى الجودة المطلوب إذ بعد أن تحدده الحد الأعلى والأدنى لقيم الوحدات المنتجة يمكن بإضافة عينات جديدة، معرفة مدى وقوع قيم الوحدات المنتجة بين الحدين من عدمه.

ويجب أن نلاحظ هنا أن الحدود العليا والدنيا التي استعملت في خرائط الرقابة هي حدود إحصائية، وليست الحدود التي وضعها مصمم السلعة، وإذا كانت حدود المصمم أضيق من الحدود الإحصائية، فيجب إما تغيير الآلة، أو العامل، أو أن يتنازل المصمم بعض الشئ.

ويمكن استعمال خريطة المفردات لتحديد ما إذا كانت العملية الصناعية قادرة على مقابلة طلبات المصمم أم لا؟ فإذا فرضنا أن الحدود التي فرضها المصمم تزيد أو تنقص عن الوسط الحسابي بمقدار معين "ت" مثلاً، فإن مدى الانحراف تحت الوسط وفوقه يكون 2ت، كما أن مدى الانحراف طبقاً للصدفة = 3 انحرافات معيارية في كل من جانبي الوسط، مما يجعل مدى الانحراف = 6 انحرافات معيارية فإذا كانت (6 × الانحراف المعياري) ÷ 2ت أكبر من واحد صحيح فإن العملية الصناعية لن تستطيع أن تفي بما يريده المصمم.

وباستعمال الجدول التالي يمكن أن نقارن 2ت ÷ المدى المتوسط

بالقيمة التي نجدها في الجدول المذكور أمام حجم العينة وذلك بدلاً من استعمال الانحراف المعياري، فإذا كانت القيمة المحسوبة أكثر من القيمة الموجودة في الجدول كان في وسع المنشأة أن تنتج وحدات من السلعة بهذه العملية الصناعية تكون مطابقة للمواصفات الهندسية، أما إذا نقصت القيمة المحسوبة عن الموجودة في الجدول كان معنى ذلك أن بعض الوحدات المنتجة لن تقبل في عملية الفحص، وذلك لأنه كما قلنا، استعمال المدى المتوسط أسهل من استعمال الانحراف المعياري.

فإذا كان المدى المتوسط = 0.003 وحجم العينة والحدود التي وضعها المصمم = الوسط + 0.005 فإن 2 × ت = 0.005 = 0.01

2ت ÷ المدى المتوسط = 0.01 ÷ 0.003 = 3.33

والقيمة الموجودة في الجدول أمام حجم عينة قدره = 2.580 وهي أصغر من 3.33 مما يدل على أن العملية الصناعية تستطيع أن تفي بما يريد المصمم.

وباستعمال التوزيع المعتاد، يمكنا أن نحسب النسبة المئوية وحدات التي لن تمر في الفحص، لانحرافها عن الحدود التي وضعها المصمم. فإذا فرضنا أن

مواصفات الوحدات يجب أن تكون الوسط زائداً أو ناقصاً 0.25، والانحراف المعياري 0.015.

الانحراف عن الوسط الحسابي في وحدات من الانحراف المعياري =

0.35 ÷ الانحراف المعياري = 0.25 ÷ 0.15 = 1.67 انحراف معياري

ومن جدول التوزيع المعتاد نجد أمام 1.67 أن عدد الوحدات التي تنحرف أكثر من 1.67 في جانب واحد (أكبر من 1.67 مثلاً) = 5% أي أن الوحدات التي ستنحرف أكثر وأقل من 1.67 انحراف معياري = 10% من الوحدات.

حجم العينة	الحد الأدنى لما يجب أن يكون عليه (2ت ÷ المدى المتوس)
2	5.331
3	3.544
4	2.914
5	2.580
6	2.363
7	2.219
8	2.108
9	2.200

خرائط رقابة نسبة الردئ في الإنتاج:

عندما يكون قياس قيمة الوحدة المنتجة صعب أو في بعض الأحيان مستحيل فإن خرائط الرقابة السابق الكلام عنها لا يمكن استعمالها. وفي هذه الحالة يمكن دراسة الانحرافات بين نسبة الردئ في كل من العينات المختلفة، التي تؤخذ في فترات زمنية مختلفة أو من دفعات مختلفة، إن التوزيع الخاص بنسبة الردئ هذه

يمكن تحليله بواسطة خريطة رقابة مبنية على توزيع ذو الحـدين *Binominal distribution* وسنستعين أيضاً بحساب الوسط والانحراف المعياري طبقاص للخطوات الآتية:

1- احصل على متوسط نسبة الردئ = (مجموع الوحدات الرديئة ÷ المجموع الكـلي للوحدات) ويرمز لها بالرمز كَ.

2- الانحراف المعياري في هذا النوع من التوزيع = كَ(1 – ك)/ن

3- وحيث ن تمثل متوسط حجم العينة الذي يساوي (مجموع مفـردات العينـات ÷ عدد العينات) = الوسط = ك

الحد الأعلى = كَ + 3 كَ (1 – كَ) ÷ ن

الحد الأدنى = كَ – 3 كَ (1 – كَ) ÷ ن

وتحليل خريطة المراقبة هذه يشبه تحليل خرائط الرقابة الثلاث السابقة.

<u>مثال:</u>

أخذت عينات حساب ما في الجدول التالي:

رقم العينة	حجم العينة	عدد الردئ	نسبة الردئ في العينة
1	100	3	0.030
2	90	1	0.011
3	110	5	0.045
4	110	4	0.036
5	100	2	0.020
6	100	7	0.070
7	90	4	0.044
8	100	5	0.050
9	110	8	0.072
10	100	4	0.040
11	90	5	0.056
12	100	3	0.030
13	100	5	0.050
14	100	1	0.010
15	90	4	0.044
16	100	4	0.040
17	100	8	0.080
18	110	5	0.045
19	100	3	0.030
20	100	4	0.040
المجموع	2000	85	

متوسط نسبة الردئ (كَ) = 85 ÷ 2000 = 0.0425

متوسط حجم العينة = 2000 ÷ 20 عينة = 100

$$\text{الانحراف المعياري} = \frac{\text{كَ}(1-\text{ك})}{\text{ن}} = \frac{0.0425(1-0.0425)}{100} = 0.02$$

$$\text{الحد الأعلى} = \text{كَ} + 3 \frac{\text{كَ}(1-\text{ك})}{\text{ن}} = 0.0425 + (3 \times 0.02)$$

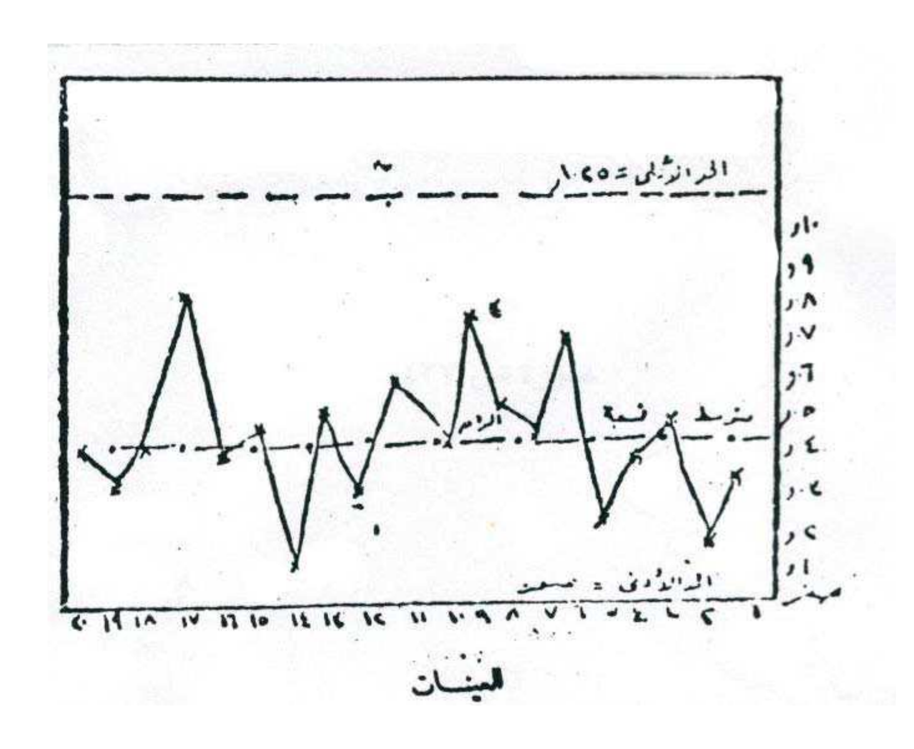
= 0.0425 + 0.06 = 0.1025

$$\text{الحد الأدنى} = \text{كَ} + 3 \frac{\text{كَ}(1-\text{ك})}{\text{ن}} = 0.0425 - (3 \times 0.02)$$

= 0.0425 – 0.06 = صفر (وذلك لأنه لا يمكن تصور الحد الأدنى سالباً)

معنى ذلك أن نطاق الانحرافات بين صفر، 10.25%

وبرسم خريطة الرقابة المذكورة كما في الشكل التالي نجد أن:



الانحرافات بين نسبة الردئ في العينات المختلفة تقع في داخل النطاق الـذي يمكـن أن يحدث نتيجة للصدفة وحدها. أما إذا حدث أن وجدت فقـط خـارج الحـدين الأعـلى والأدنى فمعنى ذلك أن هناك سبباً لذلك يجب البحث عنه وعلاجه.

<u>خرائط الرقابة بالنسبة لعدد العيوب في الوحدة الواحدة:</u>

إن خرائط الرقابة بالنسـبة لعـدد العيـوب في الوحـدة الواحـدة ينطبـق عليهـا توزيـع بواسون، أي أنه كما ذكرنا في ملاحق الكتاب كَ يجب أن تكون صـغيرة في حـدود 5% أو أقـل مثلاً، ون كبيرة.

أما العينة المختارة فهي وحدة واحدة (لوح من الصلب أو طائرة مثلاً أو ثوب من القماش) حيث قد توجد بعض العيوب، ولكن احتمال وجود أحد هذه العيـوب صغير، ويجب أن ننبه هنا أن خرائط الرقابة لنسـبة الـردئ سـجلت عـدد الوحـدات

الرديئة. في حين أن خرائط الرقابة بالنسبة لعدد العيوب، سجلت هـذه العيـوب. لأن الوحـدة الرديئة قد تحتوي على أكثر من عيب.

كما ذكرنا سابقاً أنه في توزيع بوسون الانحراف المعياري = الوسط الحسابي

كما أن الحد الأعلى = الوسط + 3 انحرافات معيارية

والحد الأدنى = الوسط - 3 انحرافات معيارية

مثال:

أخذت 30 عينة وسجلت نتيجة لخصها في الجدول التالي لعمل خريطـة الرقابـة لعـدد العيوب.

الوسط الحسابي = 1.7

الانحراف المعياري = 1.7 = 1.3

الحد الأعلى = 1.7 + 3 (1.3) = 1.7 + 3.9 = 5.6

الحد الأدنى[1]. = 1.7 – 3 (1.3) = 1.7 – 3.9 = صفر

ثم نرسم خريطة الرقابة بنفس الطريقة التي ذكرناها سابقاً كما هو مودود في الشـكل السابق ونحللها.

---

(1) عندما يكون الحد الأدنى سالباً فإنه منطقياً يعتبر صفراً، لأنه لا يمكن أن يتحقق عملياً.

رقم العينة	عدد العيوب
1	صفر
2	32
3	2
4	صفر
5	صفر
6	5
7	صفر
8	1
9	صفر
10	1
11	4
12	3
13	صفر
14	2
15	1
16	2
17	صفر
18	صفر
19	3
20	5
21	صفر

22	5
23	صفر
24	3
25	4
26	2
27	صفر
28	1
29	صفر
30	3
	5

المراجع

أولاً: المراجع العربية:

1- إبراهيم على الخضير، الجودة ومواصفات إيزو 9000 وسلسلة كتب المجلة العربية، مركز دراسات الوحدة العربية، بيروت، 2000.

2- أبو الفتوح رضوان، وآخرون، المدرس في المدرسة والمجتمع، مكتبة الأنجلو المصرية، 2002.

3- أحمد الخطيب، إدارة الجودة الشاملة وتطبيقاتها في الإدارة الجامعية، مجلة اتحاد الجامعات العربية، العدد الثالث، تموز 2000.

4- أديرجي باديرو، الدليل الصناعي إلى أيزو 9000 ترجمة فؤاد هلال، مراجعة محسن عاطف، دار الفجر، القاهرة، 2001.

5- إسماعيل عبد الفتاح عبد الكافي، الجودة الشاملة صيحة القرن الحادي والعشرين، مملكة البحرين 2004.

6- توفيق أحمد مرعي، ومحمد محمود الحيلة، المناهج التربوية الحديثة، دار المسيرة، عمان، 2000.

7- توفيق محمد عبد المحسن، تخطيط ومراقبة جودة المنتجات مدخل إدارة الجودة الشاملة، دار النهضة العربية، القاهرة 2003.

8- جودة أحمد سعادة، وعبد الله محمد إبراهيم، المنهج المدرسي المعاصر، دار الفكر، عمان 2004.

9- جون مارش، إدارة الجودة الشاملة، أدوات الجودة الشاملة من الألف إلى الياء، تعريب عبد الفتاح النعماني ج3، مركز الخبرات المهنية للإدارة، القاهرة 2002.

10- حسان محمد حسان، رؤية إنسانية لمفهوم ضبط جودة التعليم، دراسات تربوية رابطة التربية الحديثة، مجلد 9 ج65، 2001.

11- فتحي يونس وآخرون، ا لمناهج الأسس المكونات التنظيمات التطوير، عمان دار الفكر 2004.

12- فريد زين الدين، النهج العلمي لتطبيق إدارة الجودة الشاملة في المؤسسات العربية، القاهرة 1996.

13- لينارد فريدمان، الجودة في التعليم المستمر، ترجمة عبد الرحمن الشاعر، وحسن عطية جامعة الملك السعود، السعودية 1999.

14- محسن علي عطية، الكافي في أساليب تدريس اللغة العربية، عمان، دار الشروق 2006.

15- محمد جلوب فرحان، دراسات في فلسفة التربية، وزارة التعليم العالي، جامعة الموصل 2005.

16- محمد حسن محمد حمادات، الإدارة التربوية، وظائف وقضايا معاصرة، عمان، دار الحامد 2007.

17- محمد بن أبي بكر الرازي، مختار الصحاح، دار الرسالة، بيروت.

18- محمد عبد الرزاق إبراهيم منظومة تكوين المعلم في ضوء معايير الجودة الشاملة، عمان، در الفكر 2003.
19- محمد عبد الغني هلال، مهارات إدارة الجودة الشاملة في التدريب تطبيقات *ISO9000* في التعليم والتدريب، مركز تطوير الإدارة والتنمية القاهرة 2001.
20- محمد عزة عبد الموجود، وآخرون، أساسيات النهج وتنظيماته، القاهرة، دار الثقافة 2003.
21- محمد محمود الخوالدة، أسس بناء المناهج التربوية، عمان، دار المسيرة، 2004.
21- نايف قطامي، مهارات التدريس الفعال، عمان، دار الفكر 2004.
22- حملي أحمد الوكيل، ومحمد أمين المفتي، أسس بناء المناهج وتنظيمها، عمان دار المسيرة 2005.
23- سعاد بسيوني عبد النبي، إدارة الجودة الشاملة مدخل لتطوير التعليم العالي بمصر، مجلة التربية عين شمس، ج3، ع20، 2002.
24- سلامة عبد العظيم حسين، اتجاهات حديثة في الإدارة المدرسية، عمان، دار الفكر، 2004.
25- سهيلة محسن كاظم الفتلاوي، المنهاج التعليمي والتدريس الفعال، دار الشروق، عمان، 2006.
26- سهيلة محسن كاظم، المنهاج التعليمي والتوجه الأيدولوجي، دار الشروق 2006.
27- عبد الرحمن الهاشمي، وفائزة العزاوي، المنهج والاقتصاد المعرفي، عمان، دار المسيرة 2007.
28- عبد السلام عبد الرحمن جامل، أساسيات المناهج التعليمية وأساليب تطويرها، عمان، در المناهج، ط2، 2002.
29- عبد المنعم نافع، الجودة الشاملة ومعوقتها في التعليم الجامعي المصري، دراسة ميدانية مجلة كلية التربية، جامعة بنها، المجلد السابع، العدد 25 أكتوبر 2005.
30- علي السلمي، إدارة الجودة الشاملة ومتطلبات التأهيل للأيزو، دار غريب، القاهرة، 2002.
31- محمد توفيق ماضي. تطبيقات إدارة الجودة الشاملة في المنظمات الخدمية في مجالي الصحة والتعليم، القاهرة، المنظمة العربية للتنمية الإدارية، 2005م.
32- د. مؤيد عبد الحسين الفضل، د. يوسف حجيم الطائي. إدارة الجودة الشاملة من المستهلك إلى المستهلك/ منهج كمي. – عمان: مؤسسة الوراق للنشر والتوزيع، 2004م.
33- د. سليمان زايد. القيادة الإدارية واستراتيجية التعامل مع الأزمات، صنعاء، مطابع التوجيه المعنوي، 2005م.
34- د. سلمان زيدان، الإدارة والأذرع المعاصرة، صنعاء، مؤسسة الميثاق، 2006م.
35- د. سلمان زيدان، إدارة التدريب وتكنولوجيا الأداء البشري، صنعاء، النهاري للطباعة، 2008م.
36- ستيوارت آر ليفاين، مايكل إيه كروم. اكتشف القائد الذي بداخلك (فن القيادة في العمل)، الرياض، مكتبة جرير، 2006م.

37- د. صالح ناصر عليمات، إدارة الجودة الشاملة في المؤسسات التربوية (التطبيق ومقترحات التطوير)، عمان، دار الشروق للنشر والتوزيع، 2004م.

38- صبري كامل الوكيل. إدارة الجودة الشاملة في التعليم الأمريكي وإمكان تطبيقها في مجال إدارة التعليم الأساسي في مصر (بحث منشور في مؤتمر التعليم الأساسي: حاضره ومستقبله)، القاهرة، إبريل 2001.

39- صحيفة رسالة المكتبات. التعليم العالي والبحث عن الجودة، صنعاء، جامعة صنعاء، العدد 11، أكتوبر 2007م.

40- د. خضير كاظم حمود، إدارة الجودة وخدمة العملاء، عمان، دار المسيرة، 2002م.

41- د. خضر كاظم حمود، إدارة الجودة الشاملة، عمان، دار المسيرة، 2005م.

42- د. رعد عبد الله الطائي، د. عيسى قدادة، إدارة الجودة الشاملة، عمان، اليازوري، 2008م.

43- شهادة حسن السلوك لسيارات نيسان، لندن، صحيفة الشرق الأوسط، العدد 10529، 26 سبتمبر 2007م.

ثانياً: المراجع الأجنبية:

1- Ashok Raco and others, Total Quality Management: Across Functional Perspective, John Wiley and Sons, New York, 1996.
2- Armend V. Feigenbum, Total Quality Control, McGraw-Hill Book Co., New York, 1986.
3- Dale Berrie, Cary Coopes, Total Quality and Human Resources, an executive Guide, Oxford Blackweel, 1992.
4- David S., Goetsch, Stanley B. Davis, Introduction to Quality Management, Second Ed., Prentice Hall, New Jersey, 1997.
5- Davido W.H., Total Customers Service, Happer and Row, New York, 1989.
6- Dale Besretfield, Total Quality Management, Englwood Cliff, Prentice Hall, New York, 1995.
7- Gerogory M. Bannks and others, Management: A Total Quality Perspective, Cincinate, South Western College Publishing U.S.A., 1995.
8- Gorden E. Gaties, Total Quality Management a Total Quality Approach, Cassel Wellington House, London, 1996.
9- Greg Bounds, Lyle Yorke, Mel Adams, Gipsie Ranney, Beyound Total Quality Management: Toward the Emerging Paradigm, McGraw-Hill Book Co. New York, 1994.
10- John Bicheno, Brain B. R. Eliotted, Operation Management. An Active Learning Approach, Blackwell Publisher Ltd., London, 1994.
11- Philip Atkinson E., Creating Culture Change, The key to Successful Total Quality Management IFS Ltd., U.K., 1990.
12- William J. Stevenson, Production Operations Management, 4th ed., Irwin, Boston, 1993.
13- Michael Hammer & Champ. Reengineering The Corporation, Harper Business A division of Harper Collins, 1993.
14- J. M. Juran, Juran on Quality by Pesign. The Free Press, 1992.
15- Joseph R. Jablanski, Implementing Total Quality Management. Pfeiffer & Company, 1990.

ثالثاً: مواقع الإنترنت:

1- إدارة سلسلة الإمداد والجودة/ طرق ونماذج ونظريات.
2- آفاق الجودة – الجودة في القطاع الصحي.
3- الإدارة والهندسة الصناعية.
4- المؤسسة الأوروبية لإدارة الجودة.
5- منتدى الجودة الإلكتروني – المجلس السعودي للجودة.
6- معهد دبي لتنمية الموارد البشرية.
7- ويكيبديا الموسوعة الحرة.



هذا الكتاب

انه كتاب علمى متخصص فى إبراز الكيفية التى تمارس بها الرقابة على الجودة ، حيث يستعرض بعض المفاهيم العامة عن الجودة النوعية والتوحيد القياسى والرقابة النوعية ثم ينتقل للحديث عن التكنولوجيا الإحصائية للرقابة النوعية فيتعرض بشئ من التفصيل المبسط لموضوع العينات والاحتمالات وخرائط مراقبة الجودة وخرائط بيرت ونقطة التعادل وخرائط جانت وصفوف الانتظار وذلك كله من زاوية العلاقة بين هذه الأساليب الاحصائية والرقابة النوعية.

والله ولى التوفيق،،

الناشر

عبد الحى أحمد فؤاد


ISBN 978-977-358-304-0
9 789773 583040

دار الفجر للنشر والتوزيع
4 شارع هاشم الأشقر - النزهة الجديدة - القاهرة تليفون : 26246252 فاكس : 26246265
info@daralfajr.com www.daralfajr.com